



# Ontwerpnota Breskens Kom incl. Port Scaldis en proefvakken Elisabethpolder [W28]

Gepland jaar van uitvoering: 2013

PZDT-R-11037 ontw.

Projectbureau Zeeweringen Dijkverbetering: Breskens Kom incl. Port Scaldis en proefvakken Elisabethpolder		Status: Definitief Versie: D1 Datum:29-06-2011		
controle	Auteur	Intern	Toetsgroep	Projectbureau
Naam:	████████	████████	████████	████████
Paraaf:				
Datum:				
Documentnummer: PZDT-R-05117 ontw				

---

# Inhoudsopgave

---

	<b>Samenvatting</b>	
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Achtergrond	1
1.2	Doel ontwerpnota	1
1.3	Het ontwerpproces	2
1.4	Leeswijzer	2
<b>2</b>	<b>Bestaande situatie</b>	<b>3</b>
2.1	Projectgebied	3
2.2	Bestaande bekledingen	4
<b>3</b>	<b>Randvoorwaarden</b>	<b>7</b>
3.1	Veiligheidsniveau	7
3.2	Hydraulische randvoorwaarden	7
3.3	Ecologische randvoorwaarden	9
3.4	Landschapsvisie	10
3.5	Archeologie en cultuurhistorie	11
3.6	Recreatie	11
3.7	Kruinverhoging	11
3.8	Overige randvoorwaarden en uitgangspunten	11
<b>4</b>	<b>Toetsing</b>	<b>12</b>
4.1	Algemeen	12
4.2	Toetsing toplaag	12
4.3	Toetsing damwanden	12
4.4	Kruinhoogtetekort	13
4.5	Conclusies	13
<b>5</b>	<b>Keuze bekleding</b>	<b>14</b>
5.1	Inleiding	14
5.2	Beschikbaarheid	14
5.3	Mogelijk toepasbare materialen	14
5.4	Technische toepasbaarheid	16
5.5	Deelgebieden en voorselectie	18
5.6	Nieuwe bekleding	20
5.7	Onderhoudsstrook	21
5.8	Bekleding tussen ontwerppeil en berm	21
5.9	Golfoploop	21
<b>6</b>	<b>Dimensionering</b>	<b>22</b>
6.1	Kreukelberm en teenconstructie	22
6.2	Gepenetreerde breuksteen	23
6.3	Los gestorte breuksteen	23
6.4	Overgang tussen boventafel en berm of havenplateau	24
6.5	Kruinverhoging deelgebied I	24
<b>7</b>	<b>Aandachtspunten voor bestek en uitvoering</b>	<b>26</b>
7.1	Bekledingstypen	26
7.2	Natuur	27

7.3	Archeologie en cultuurhistorie	27
7.4	Transportroutes en depotlocaties	27
7.5	Recreatie	27

<b>Literatuur</b>		<b>28</b>
-------------------	--	-----------

<b>Bijlage 1</b>	<b>Figuren</b>	
------------------	----------------	--

<b>Bijlage 2</b>	<b>Detailadviezen</b>	
------------------	-----------------------	--

<b>Bijlage 3</b>	<b>Berekeningen</b>	
------------------	---------------------	--

## Lijst met tabellen

Tabel 0.1	Beschrijving alternatieven voor nieuwe bekleding .....	
Tabel 0.2	Voorkeursbekleding per deelgebied .....	
Tabel 0.3	Nieuwe kreukelberm .....	
Tabel 3.1	Eigenschappen randvoorwaardenvakken .....	8
Tabel 3.2	Karakteristieke waterstanden .....	8
Tabel 3.3	Maatgevende golfrandvoorwaarden betonzuilen .....	9
Tabel 3.4	Golfrandvoorwaarden bij ontwerppeil 2011-2060 (betonzuilen) .....	9
Tabel 5.1	Vrijkomende hoeveelheden betonblokken en basaltzuilen (exclusief verliezen) .....	14
Tabel 5.2	Nieuwe taludhelling, teenniveau en teenverschuiving .....	17
Tabel 5.3	Nieuwe bekledingen .....	20
Tabel 5.4	Effect op golfoploop .....	21
Tabel 6.1	Nieuwe kreukelberm .....	22
Tabel 6.2	Eisen geokunststof weefsel .....	23

---

# Samenvatting

---

Deze ontwerpnota, opgesteld in het kader van Project Zeeweringen van Rijkswaterstaat, betreft het ontwerp van de nieuwe dijkbekledingen voor het dijkvak Breskens Kom incl. Port Scaldis en proefvakken Elisabethpolder. Het dijkvak ligt aan de Westerschelde nabij het dorp Breskens, in de gemeente Sluis, tussen de dijkpalen dp649+20m en dp666+40m. Het dijkvak heeft een lengte van ongeveer 1,7 km, en valt onder het beheer van het waterschap Scheldestromen. Voor het dijkvak ligt de geul Vaarwater langs Hoofdplaat, met meer oostelijk van dit dijkvak een diepte tot 40m.

## *Bestaande situatie*

De begrenzing van de kade langs de Handelshaven en Jachthaven wordt gedeeltelijk gevormd door een stalen damwand. De steenbekleding in de haven van Breskens bestaat uit grote vakken basaltbekleding en Petit Granit die worden afgewisseld door een aantal kleinere vakken van losse breuksteen en vlakke betonblokken.

De Oostelijke Havendam en het talud rond Port Scaldis bestaan uit een bestorting van losse breuksteen. Ten oosten van Port Scaldis is een strandje en duingebied aanwezig. De proefvakken ter plaatsen van de Elisabethpolder bestaan uit bekledingen van met asfalt of beton gepenetreerde (breuk)steen en op zandasfalt geplaatste betonblokken.

De in de haven aanwezige steenbekledingen zijn tussen 661+90m en dp666+40m gesitueerd op zowel het onderbeloop, het bovenbeloop en het binnentalud van de dijk. Op het overige deel ligt de bekleding onder het havenplateau of de aanwezige berm.

De hoogteligging van het haventerrein varieert tussen NAP +2,90m nabij dp666 en NAP +5,70m nabij dp659.

De proefvakken ter plaatsen van de Elisabethpolder liggen tussen NAP +1,40m en NAP +5,80m.

## *Hydraulische randvoorwaarden:*

De ontwerpwaterstand (Ontwerppeil 2011-2060) van de dijk bedraagt NAP + 5,75m. De bijbehorende ontwerpwaarden voor de golfhoogte  $H_s$  en de golfperiode  $T_p$  buiten de haven variëren van 1,72m tot 2,26m en van 7,29s tot 7,44s.

Rekening houdend met transmissie over de westelijke havendam (kruin NAP +4,50m) variëren de ontwerpwaarden in de haven voor de golfhoogte  $H_s$  van 1,28m tot 1,35m en varieert de golfperiode  $T_p$  van 6,13s tot 7,44s.

## *Toetsresultaat:*

Conclusie van de toetsing van de bekledingen is dat een deel van de gezette steenbekleding afgekeurd is. De goedgekeurde delen betreffen met name delen van de basaltbekleding in de haven van Breskens en de met asfalt gepenetreerde (breuk)steen van de proefvakken. De overige bekledingen, waaronder de aanwezige vlakke blokken en de los gestorte breuksteen, zijn afgekeurd en moeten dus worden verbeterd.

## *Nieuwe Bekleding:*

Bij het ontwerp van de nieuwe bekledingen is rekening gehouden met het eventuele hergebruik van materialen, de technische en ecologische toepasbaarheid van verschillende bekledingstypen, de inpasbaarheid in het landschap, uitvoerings- en beheersaspecten, en kosten.

Een groot deel van de bestaande bekledingen kan worden hergebruikt in het nieuwe ontwerp. Tevens zijn er op delen van het dijkvak vanuit technisch oogpunt geen alternatieven voor de nieuwe bekleding behalve het overlagen met gepenetreerde

breuksteen. Hierdoor zijn er geen bekledingsalternatieven opgesteld. In Tabel 0.1 zijn de nieuwe bekledingen weergegeven.

Tabel 0.1 Nieuw Ontwerp

Deel geb.	Locatie		Bekleding	Ondergrens [NAP +m]	Bovengrens [NAP +m]
	Van [dp]	Tot [dp]			
I	666+40m	662	Bestaande bekleding	-	-
II	663	660	Bestaande bekleding	-	-
III	660	658-100m	Breuksteen gepenetreerd met asfalt	0,20	4,60/5,75
IV	658-700m	658+50m	Buitenzijde: Breuksteen los gestort	-0,8/-1,2	4,50
			Binnenzijde: Breuksteen gepenetreerd met asfalt	-0,3/-0,8	2,80
V	658+50m	655+70m	Breuksteen los gestort	-0,70	5,75
VI	655+70m	649+20m	Overlaging gepenetreerd met asfalt of beton en bestaande bekleding	0,20/4,00	5,75

In Tabel 0.3 wordt een overzicht gegeven van de nieuwe kreukelberm voor het projectgebied.

Tabel 0.3 Nieuwe kreukelberm

RVW vak	Deel gebied	Locatie		Hoogte t.o.v. NAP [m]	Sortering [kg]	Laagdikte [m]	Gep.
		Van [dp]	Tot [dp]				
7	II	Oude Jachthaven dp661	dp663	0,2	10-60	1,0	Nee
7	III	Nieuwe Jachthaven dp660	dp658-100m	0,7	10-60	0,5	Nee
7	IV	Binnenzijde Havendam dp658-100m	dp658-700m	-0,3/-0,8	10-60	0,5	Nee
Haven	IV	Buitenzijde Havendam dp658-100m	dp658-700m	-0,8/-1,2	40-200	0,7	Nee
139b	V	Port Scaldis dp655+70m	dp658-100m	-0,7	40-200	0,7	Nee
139b	VI	Elisabethpolder dp655+70m	dp653	0,0/0,3	10-60	0,5	Nee
139a	VI	Elisabethpolder dp653	dp649+20m	0,0/0,3	10-60	0,5	Nee

Op het havenplateau wordt een beperkte erosie door golven toegestaan. Hierdoor hoeft het haventerrein niet te worden voorzien van een nieuwe bekleding. Om te voorkomen dat erosie op het haventerrein de stabiliteit van de taluds zal ondermijnen wordt op de overgangen van de taluds naar het plateau een strook asfalt aangebracht.

De bestaande onderhoudstrook en het havenplateau zijn opengesteld voor fietsers.

Op verzoek van het Waterschap Scheldestromen wordt het kruinhoogte tekort, dat voor een beperkt deel van de dijk ter plaatse van de Oostelijke Handelshaven is geconstateerd, meegenomen in dit project.

---

# 1 Inleiding

---

## 1.1 Achtergrond

Uit onderzoek van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW, overgegaan in Expertise Netwerk Waterveiligheid, ENW), is gebleken dat een groot aantal van de taludbekledingen op de zeedijken in Zeeland niet sterk genoeg is. De belangrijkste problemen doen zich voor bij bekledingen van betonblokken, die direct op een onderlaag van klei zijn aangebracht. Rijkswaterstaat heeft het Project Zeeweringen opgestart om deze problemen op te lossen. In samenwerking met waterschap Scheldestromen en Provincie Zeeland worden binnen dit project de taludbekledingen van de primaire waterkeringen in Zeeland verbeterd, zodanig dat ze voldoen aan de wettelijke eisen.

Voor de uitvoering in 2013 zijn meerdere dijkvakken langs de Oosterschelde en Westerschelde uitgekozen, waaronder het traject van Breskens Kom incl. Port Scaldis en proefvakken Elisabethpolder. Het dijkvak ligt tussen dp649+20m en dp666+40m en heeft een totale lengte van ongeveer 1,7 km. In de voorliggende nota worden van dit traject de ontwerpen van de nieuwe bekledingen uitgewerkt. In het algemeen wordt alleen de bekleding van het onderbeloop beschouwd en van het bovenbeloop, voor zover dit onder het ontwerppeil (+ ½ H<sub>z</sub>) ligt. Binnen dit dijktraject wordt ter plaatse van de haven Breskens ook het bovenbeloop, de kruin en het binnentalud meegenomen omdat de beheerder hier een kruinhoogte probleem heeft geconstateerd.

Aan de westzijde sluit het dijkvak aan op de Westelijke Handelshaven waar in 2005, in het kader van een dijkomlegging en reconstructie van de spui, in opdracht van de gemeente Sluis een nieuwe damwandconstructie is geplaatst.

Aan de oostzijde sluit het dijkvak aan op de nieuwe bekleding van de Elisabethpolder, welke door het projectbureau Zeeweringen in 2001 is verbeterd. De bekleding bestaat hier uit grijze en rode PIT-betonzuilen op de onder- en boventafel van het talud.

## 1.2 Doel ontwerpnota

De ontwerpen worden vastgelegd in ontwerpnota's, met de beschrijving van:

- De uitgangspunten en randvoorwaarden;
- Het resultaat van de toetsing;
- Alle overige aspecten die van belang zijn voor het ontwerp van de nieuwe taludbekledingen, waaronder ecologische aspecten;
- De ontwerpberoeeningen;
- Het ontwerp (dwarsprofielen).

De ontwerpnota vormt de basis voor de natuurtoets en de planbeschrijving conform Artikel 5.4 van de Waterwet. (Vroeger Artikel 8 van de Wet op de waterkering, deze is per 22 december 2009 opgegaan in de Waterwet).

Het ontwerp bestaat uit een overzicht van de ontwerpgegevens, die moeten worden opgenomen in het systeem van leggers en beheersregisters van het waterschap. De ontwerpnota vormt als zodanig een onderdeel van de documentatie die bij het overdrachtsprotocol, na het verstrijken van de onderhoudsperiode, aan het waterschap wordt overgedragen.

---

### 1.3 Het ontwerpproces

Het ontwerpproces is beschreven in het Kwaliteitshandboek [1] en in de Handleiding Ontwerpen Dijkbekledingen [2] van Projectbureau Zeeweringen.

Voor de berekening van gezette steenbekledingen wordt voor verschillende invoerparameters gebruik gemaakt van gemiddelde invoerwaarden, dus zonder toleranties of verwachte afwijkingen. Er worden bijvoorbeeld geen marges toegepast op helling, dichtheid en filterdikte. De duurbelasting wordt exact uitgerekend en er wordt gerekend met niet-afgeronde hydraulische randvoorwaarden [2].

In het ontwerp wordt vervolgens één veiligheidsfactor op de bekledingsdikte toegepast. Deze factor is 1,2 [2].

De berekeningen van de overige bekledingen zijn ongewijzigd. De hiervoor gebruikte rekenregels zijn dermate conservatief dat er sprake is van minimaal dezelfde veiligheid.

### 1.4 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt de huidige situatie van het dijkvak beschreven. Hoofdstuk 3 is een overzicht van de uitgangspunten en de randvoorwaarden voor het ontwerp. In Hoofdstuk 4 komt de toetsing van de huidige bekleding aan de orde en wordt vastgesteld welke delen binnen het Project Zeeweringen moeten worden verbeterd. In Hoofdstuk 5 wordt aan de hand van de vastgestelde uitgangspunten en randvoorwaarden een voorkeursoplossing gekozen voor elk gedeelte van het dijkvak dat moet worden verbeterd. In Hoofdstuk 6 wordt de dimensionering van de gekozen bekledingen beschreven. In Hoofdstuk 7 wordt een lijst gegeven met aandachtspunten voor het bestek en de uitvoering. Tot slot is een literatuuroverzicht opgenomen.

---

## 2 Bestaande situatie

---

### 2.1 Projectgebied

Het dijktraject Breskens Kom is gesitueerd tussen dp649+20m en dp666+40m. Het dijkvak ligt aan de zuidkant van de Westerschelde gedeeltelijk in de kom van het dorp Breskens in de gemeente Sluis. Het beheer van het dijktraject is in handen van het waterschap Scheldestromen.

Het dijktraject, geselecteerd voor verbetering, heeft een lengte van ongeveer 1,7 km. Het dijkvak is georiënteerd op het noorden/noordoosten. Voor het dijkvak ligt de geul Vaarwater langs Hoofdplaat, met plaatselijk een diepte tot 40m nabij de oostelijk gelegen Plaat van Breskens. De locatie is weergegeven in Figuur 1 en Figuur 2 van Bijlage 1. Een overzicht van het dijktraject is tevens in onderstaande figuur weergegeven.



Het onderhavige dijkvak wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van de haven van Breskens, bestaande uit een westelijk gelegen Handelshaven en een oostelijk gelegen Jachthaven.

De Handelshaven is opgedeeld in een Oostelijke en Westelijke Handelshaven, gescheiden door de Middenhavendam. In de Oostelijke Handelshaven is ook de Vissershaven gelegen.

Halverwege de jaren '90 heeft de uitbreiding plaatsgevonden van de Jachthaven. De jachthaven bestaat sindsdien uit een Oude en Nieuwe Jachthaven.



---

De haven wordt beschermd door twee havendammen, waarvan de Oostelijke Havendam onderdeel is van het projectgebied. Beide havendammen zijn onderdeel van de primaire waterkering. De bekleding op de Westelijke havendam is goedgekeurd [12], [13] en is geen onderdeel van het projectgebied.

Tijdens de uitbreiding van de haven is direct ten oosten van de jachthaven het woningbouwproject Port Scaldis gerealiseerd. Port Scaldis is aangelegd op een voor de hoogwaterkering gelegen terrein, welke wordt beschermd door een breuksteenbestorting.

Het meest oostelijk deel van het dijkvak van dp649+20m tot dp655 omvat de in het kader van de dijkversterking Elisabethpolder door Projectbureau Zeeweringen in 2001 aangelegde proefvakken van verschillende bekledingen, zoals gepenetreerde breuksteen en betonblokken op een onderlaag van zandafval.

Ter hoogte van dp649 en dp661 bevinden zich dijkovergangen.

Binnen het dijkvak is op de buitenberm een verharde onderhoudsstrook aanwezig. Het dijkvak is opengesteld voor recreanten. Tussen dp662 en 666+40m is op de kruin een wandelpad aanwezig.

De begrenzing van het haventerrein bestaat gedeeltelijk uit taluds en gedeeltelijk uit stalen damwanden. Op een deel van het bovenbeloop tussen dp665 tot 666+40m is eveneens een stalen damwand aanwezig.

## 2.2 Bestaande bekledingen

Bij het ontwerpen van een dijkbekleding is informatie nodig over de bestaande topklaar, de filterconstructie en het basismateriaal (kern). Het profiel van de dijk bestaat in het algemeen uit de teen, de ondertafel, de boventafel, de berm en het bovenbeloop. De grens tussen de ondertafel en de boventafel ligt op het niveau van het gemiddelde hoogwater (GHW).

De bestaande bekledingen van het dijktraject zijn schematisch weergegeven in Figuur 3 in Bijlage 1. De karakteristieke dwarsprofielen zijn weergegeven in Figuur 6 t/m Figuur 14 in Bijlage 1. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de bekledingen in de haven, de Oostelijke havendam, ter plaatse van Port Scaldis en de bekledingen ter plaatse van de Elisabethpolder.

### *Bekledingen in de haven, begrenzing havenplateau (ondertafel)*

De begrenzing van het haventerrein en de haven wordt voor het grootst gedeelte gevormd door aanwezige stalen damwanden (kaden). Ter plaatse van de Westelijke en Oostelijke Handelshaven en de zuidwestoever van de Nieuwe Jachthaven zijn stalen damwanden aanwezig. Ter plaatse van de Oude en Nieuwe Jachthaven zijn ook taluds aanwezig.

Tussen dp661 en dp663 is de Oude Jachthaven gelegen, waarbij het talud is voorzien van een bekleding van basaltzuilen en een klein deel granietblokken.

Ter plaatse van de Nieuwe Jachthaven, tussen de dp659 en dp660, is het talud voorzien van een bekleding van vlakke betonblokken, tussen NAP+0,10m tot NAP +4,00m met een dikte van 0,25m en tussen NAP +4,00m en NAP +5,75m met een dikte van 0,20m.

Het talud tussen dp659 en de aansluiting op de Oostelijke Havendam bestaat uit een breuksteenbekleding welke boven het gemiddeld hoogwater is ingegoten met colloïdaal beton. De bovengrens van de bekleding verloopt van NAP +5,75m naar +4,60m.

---

#### *Bekledingen in de haven, havenplateau*

Het havenplateau westelijk van dp664 ligt op een hoogte van ca. NAP+3,20m. Tussen dp664 en dp660 ligt het havenplateau hoger op ca. NAP +3,80m. Vanaf dp660 oostwaarts ligt het havenplateau op een hoogte van NAP +5,80m.

Het haventerrein is grotendeels voorzien van een asfaltbekleding, gebakken klinkerverharding, betonstraatstenen, vlakke betonblokken of puinverharding. Verder is op het haventerrein veel bebouwing.

Tussen dp655 en dp661+50m is onder het havenplateau een oude glooiing aanwezig, bestaande uit een steenzetting van doornikse steen, basaltzuilen, granietblokken en betonblokken. De ondergrens ligt op ca. NAP +0,4m, de bovengrens op NAP +5,7m. De helling van de oude glooiing is ca. 1:3,7.

#### *Bekledingen in de haven, bovenbeloop, kruin en binnentalud*

Het gedeelte van het buitentalud boven het haventerrein is voorzien van een bekleding tussen dp662 en dp665. Het binnentalud is tussen dp663 en dp666+40m ook voorzien van een bekleding. Zowel aan de buitenzijde als de binnenzijde bestaat deze bekleding uit een steenzetting van basaltzuilen.

Op de kruin is een wandelpad aanwezig bestaande uit dichtasfaltbeton aangebracht op vlakke betonblokken.

#### *Bekledingen op de oostelijke havendam*

De aanzet van de oostelijke havendam bevindt zich ten noorden van Port Scaldis ter hoogte van dp658-100m. De havendam heeft een lengte van ca. 610m.

Het eerste deel van de havendam van dp658-100m tot 658-450m is eind jaren '90 met de aanleg van de nieuwe jachthaven aangebracht. De resterende 260m betreft een ouder deel, welke reeds aanwezig was als havendam voor de oude jachthaven. De kruinhoogte van de havendam ligt op circa NAP +4,5m.

De bekleding van het nieuw deel van de havendam bestaat uit een laagopbouw van breuksteen, op fosforslakken op geotextiel. De breuksteen betreft een onderlaag met sortering van 30-100kg, en een toplaag van 300-1000kg. Deze toplaag is alleen op het buitentalud aanwezig. Ter plaatse van het binnentalud is de breuksteensortering van 30-100kg geopenetreerd met colloïdaal beton.

Het oude deel van de havendam is voorzien van een toplaag van granietblokken of basaltzuilen, en is in de huidige situatie ter plaatse van het buitentalud overlaagd met breuksteen 300-1000kg.

#### *Bekledingen ter plaatse van Port Scaldis*

De bekleding van het talud voor Port Scaldis bestaat uit een laagopbouw van breuksteen, op fosforslakken of mijnsteen, op geotextiel. De breuksteen betreft een onderlaag met sortering van 80-200kg, en een toplaag van 800-1500kg en ligt tot een hoogte variërend van NAP +4,50m tot NAP +5,30m.

Ten oosten van de bebouwing van Port Scaldis is een duingebiedje aanwezig en op het voorland een droogvallend strand. Achter het duingebied is een bekleding aanwezig van grasbetonblokken. Het strand wordt tegen erosie beschermd door een dam met basaltbekleding die niet tot de primaire kering behoort.

#### *Bekledingen proefvakken Elisabethpolder*

Het traject tussen dp649+20m en dp655+40m bevat 14 proefvakken waar verschillende bekledingen zijn aangebracht. Het betreffen overlagingen van breuksteen 10-60kg, natuursteen of betonblokken welke zijn geopenetreerd met gietasfalt of colloïdaal beton. De verschillen tussen de bekledingsvakken betreffen hier de bekledingstypen, penetratiemateriaal, de mate van penetratie en de al dan niet uitgevoerde voorbehandeling (kleeflaag van bitumenemulsie) op de betonblokken.

---

Tussen dp649+20m en dp651+80m is op de boventafel een bekleding aanwezig van betonblokken dik 0,25m, welke gelijmd zijn op een ondergrond van filterasfalt. De proefvakken liggen op een hoogte tussen NAP +1,43m en NAP +5,77m.

---

## 3 Randvoorwaarden

---

### 3.1 Veiligheidsniveau

De dijken in de primaire waterkeringen in Zeeland dienen overstromingen te voorkomen tot aan de ontwerpstorm met een gemiddelde overschrijdingskans van 1/4000 per jaar. Aangezien het project uitgaat van een directe relatie tussen het falen van de bekleding en het falen van de dijk, dient ook de bekleding bestand te zijn tegen de golf- en waterstandsbelastingen met een overschrijdingskans van 1/4000 per jaar. De planperiode van de verbeterde dijkbekledingen bedraagt 50 jaar.

### 3.2 Hydraulische randvoorwaarden

Bij het ontwerpen van de nieuwe bekledingen kan de juiste correlatie tussen de golven en de waterstanden nog niet meegenomen worden. Voor de stabiliteit van de bekledingen is de nauwkeurigheid van de golven meer bepalend dan die van de waterstanden. Daarom zijn de golfrandvoorwaarden berekend op een uitvoerpunt in de havenmonding en op de Westerschelde voor een maatgevend windveld met een overschrijdingskans van 1/4000 per jaar, bij waterstanden van NAP + 2m, NAP + 4m, NAP + 6m. De significante golfhoogte  $H_s$  en de piekperiode  $T_p$  of  $T_{pm}$  zijn berekend voor alle windrichtingen. Deze golfrandvoorwaarden zijn als input gebruikt om de maatgevende golfrandvoorwaarden in de haven te bepalen.

Voor elke hiervoor genoemde waterstand is per bekledingstype de maatgevende combinatie van significante golfhoogte en piekperiode bepaald. Voor de golfrandvoorwaarden bij tussenliggende waterstanden wordt lineair geïnterpoleerd. Bij lagere waterstanden wordt lineair geëxtrapoleerd. De ligging van de verschillende randvoorwaardenvakken is in Figuur 2 van Bijlage 1 aangegeven.

Rekening is gehouden met de verwachte ongunstigste bodemligging in de planperiode van 50 jaar. Daartoe is op bepaalde locaties een verdieping ten opzichte van de huidige situatie in rekening gebracht, representatief voor de verwachte erosie.

De Westelijke en de Oostelijke Havendam maken beide onderdeel uit van de primaire waterkering. De golfreducerende werking voor de haven is in de berekening van de golfrandvoorwaarden meegenomen [10].

#### 3.2.1 Randvoorwaardenvakken

De basis van de ontwerpcondities is gelegd in het detailadvies "Memo Update randvoorwaarden Breskens" [10]. De golfrandvoorwaarden zoals gegeven in dit rapport zijn de rekenwaarden. Voor doorgevoerde correcties wordt verwezen naar het detailadvies. De gemaakte indeling in zogenaamde randvoorwaardenvakken en dijkstukken in de haven is weergegeven in Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Eigenschappen randvoorwaardenvakken

RVW-vak	Locatie	
	Van [dp]	Tot [dp]
Dijkstuk 7 (in de haven)	666+40m	Kop havendam
Havenmonding / havendam	Kop havendam	658+58m
139b	658+58m	653
139a	653	648+55m

RVW-vak = randvoorwaardenvak

Naast de ligging van de randvoorwaardenvakken wordt ook kort ingegaan op enkele aandachtspunten per RVW-vak:

- Er wordt vanuit gegaan dat zowel de westelijke als de oostelijke dam bestand zijn (of worden gemaakt) tegen de 1/4000<sup>ste</sup> stormcondities.
- Omdat ontwerp van de oostelijke dam bij afgifte van de randvoorwaarden nog niet vast ligt wordt transmissie over de dam (en de golfcondities ter plaatse van de uitvoerpunten en dijkstukken) berekend voor verschillende situaties. Zo wordt gevarieerd in kruinhoogte en taludbekleding.
- De kade aan de westzijde van de Oostelijke handelshaven ligt op NAP +2,75m en is geheel bedekt met gebouwen. Deze gebouwen worden onder maatgevende omstandigheden echter als 'verloren' beschouwd. Er wordt dan ook geen reductie aan deze bebouwing toegekend. De kade is niet ontworpen op 1/4000<sup>ste</sup> golfcondities. Vanwege de breedte van de kade, de bebouwing op de kade, de bekleding op deze kade en de omvang van het zandlichaam is er vanuit gegaan dat ook indien er een deel van de kade wegslaat er een reducerend effect van deze kade blijft bestaan. Daarom is reductie van de kade wel meegenomen in de berekeningen, door middel van de transmissie coëfficiënt over de kade. Daarbij is deze beschouwd als een caisson.
- In de haven zijn een groot aantal verticale damwanden aanwezig, welke golfreflectie zullen veroorzaken. Vooral bij lage waterstanden leidt dit tot verhoging van de golfcondities. Aangezien reflectie niet meegenomen kan worden in de beschouwde methode wordt aangeraden om vooral bij lage waterstanden enige robuustheid aan te houden in het ontwerp.
- De golfrandvoorwaarden voor de binnenzijde van de havendam tot 100m voor de kop van de havendam worden gelijk gesteld met de randvoorwaarden in de haven (dijkstuk 7).

### 3.2.2 Waterstanden

De karakteristieke waterstanden, die van belang zijn voor het ontwerp, zijn weergegeven in Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Karakteristieke waterstanden

RVW-vak	GHW	GLW	Ontwerppeil
	[NAP + m]	[NAP + m]	[NAP + m]
Dijkstuk 7 (in de haven)	2,05	-1,81	5,75
Havenmonding / havendam	2,05	-1,81	5,75
139b	2,05	-1,81	5,75
139a	2,05	-1,81	5,75

### 3.2.3 Golven

Svasek Hydraulics / Royal Haskoning heeft in opdracht van Deltares verschillende sets van maatgevende golfrandvoorwaarden berekend, die zijn opgenomen in

randvoorwaardentabellen [10]. Op locaties waar dit van toepassing is, is voor het bepalen van de golfrandvoorwaarden rekening gehouden met de aanwezigheid van de havendammen. In de onderstaande Tabel 3.3 is voor ieder randvoorwaardenvak de maatgevende set opgenomen, voor het constructietype betonzuilen, bestaande uit de randvoorwaarden bij drie waterstanden.

Tabel 3.3 *Maatgevende golfrandvoorwaarden betonzuilen*

RVW-vak	H <sub>s</sub> [m]			T <sub>pm</sub> [s]		
	bij waterstand t.o.v. NAP			bij waterstand t.o.v. NAP		
	+2	+4	+6	+2	+4	+6
Dijkstuk 7 (in de haven)	0,80	0,99	1,45	6,70	7,47	7,44
Havenmonding / havendam	1,58	2,00	2,30	6,70	7,47	7,44
139b	1,45	1,65	1,77	5,37	6,24	7,57
139a	1,31	1,60	1,74	5,55	6,53	7,40

Wanneer een bekleding anders dan betonzuilen, bijvoorbeeld gekantelde betonblokken, ontworpen dient te worden, wordt met de bijbehorende set van golfrandvoorwaarden gerekend. Voor elk type bekleding is zo een tabel met maatgevende golfrandvoorwaarden voor die bekleding opgesteld. In de tabellen zijn de onafgeronde waardes opgenomen zoals berekend middels modelberekeningen. In de berekeningen met Steentoets wordt ook gebruik gemaakt van de onafgeronde getallen uit de geleverde randvoorwaarden.

Tot slot zijn in Tabel 3.4 de golfrandvoorwaarden behorend bij het Ontwerppeil 2011-2060 gegeven.

Tabel 3.4 *Golfrandvoorwaarden bij ontwerppeil 2011-2060 (betonzuilen)*

RVW-vak	Ontwerppeil [NAP + m]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>pm</sub> [s]
Dijkstuk 7 (in de haven)	+5,75	1,39	7,44
Havenmonding / havendam	+5,75	2,26	7,44
139b	+5,75	1,76	7,40
139a	+5,75	1,72	7,29

### 3.3 Ecologische randvoorwaarden

Voor Project Zeeweringen geldt in beginsel dat de natuurwaarden op de bekledingen dienen te worden hersteld of verbeterd. De vervanging van de bekledingen heeft in alle gevallen eerst negatieve effecten op de natuurwaarden, maar op de lange termijn kan de natuur zich op de nieuwe bekledingen opnieuw ontwikkelen. De ontwikkeling van deze natuur wordt sterk beïnvloed door het gekozen bekledingstype. Het zorgen voor herstel of verbetering van de natuurwaarden is het scheppen van omstandigheden waarin herstel of verbetering mogelijk wordt. Alle relevante bekledingstypen zijn op grond van hun ecologische kenmerken ingedeeld in categorieën. Voor elk gedeelte van het dijkvak dient te worden vastgesteld welke categorieën minimaal moeten worden toegepast om de natuurwaarden te herstellen of te verbeteren. Binnen een traject dient onderscheid te worden gemaakt in de getijdenzone (de ondertafel) en de zone boven gemiddeld hoogwater (de boventafel). Voor de indeling van de bekledingstypen in categorieën wordt verwezen naar de Milieu-inventarisatie [10].

Op basis van deze inventarisatie is een memo opgesteld (zie Bijlage 2.2) waarin wordt geadviseerd over de nieuw toe te passen bekledingstypen. Belangrijk is dat de

---

bestaande wierbedekking op de buitenzijde van de Oostelijke Havendam zich op de nieuwe bekledingen kan herstellen.

In het memo wordt voor het gehele projectgebied de categorie 'geen voorkeur' geadviseerd, behoudens de buitenzijde van de Oostelijke Havendam waar een redelijk goede wierbedekking aanwezig is. Hier wordt geadviseerd een bekleding van losse breuksteen toe te passen, gelijk aan de bestaande bekleding.

### **3.3.1 Flora en Faunawet**

Er zijn geen Provinciale aandachtsoorten en/of Flora-Fauna wet beschermde soorten aangetroffen, met uitzondering van een waarneming van Gewone Zoutmelde aan de binnenzijde van Oostelijke Havendam.

### **3.3.2 Nota soortenbeleid Provincie Zeeland en NB-wetbesluit**

In de Nota Soortenbeleid (Provincie Zeeland, 2001) wordt een aantal aandachtsoorten genoemd. Op en voor de zeeeringen kunnen planten voorkomen uit voornamelijk de soortengroepen Aanspoelselplanten en Schorplanten. De enige voor het Natura 2000 gebied 'Westerschelde & Saeftinghe' kwalificerende plantensoort Groenknolorchis (*Liparis loeselii*) is niet aangetroffen in het projectgebied en is hier ook niet te verwachten (geen geschikt habitat aanwezig).

### **3.3.3 EU-Habitatrichtlijn**

Het voorland bestaat uit kwalificerend habitat H1130 Estuaria, ter hoogte van het projectgebied betreft het vaarwater. De werkstrook is standaard 15m breed, mogelijk treedt een tijdelijke verstoring op. Buiten de werkstrook zijn geen werkzaamheden gepland die het habitat zullen beïnvloeden.

## **3.4 Landschapsvisie**

In het ontwerp moet rekening worden gehouden met de wensen uit de landschapsvisie voor de Westerschelde [3]. De belangrijkste punten uit dit advies zijn:

- Benadrukken van de horizontale opbouw door in de ondertafel een ander materiaal toe te passen dan in de boventafel. Voorkeur geven aan het gebruik van donkere materialen in de ondertafel en lichte materialen in de boventafel.
- Kies voor bekledingen waarop begroeiing mogelijk is.
- De overgangen tussen materialen verticaal uitvoeren en deze overgangen zo min mogelijk in de boven - en ondertafel laten samenvallen.
- Handhaven van cultuurhistorische elementen.

Een aanvulling hierop is het advies van de afdeling Planvorming en Advies van Rijkswaterstaat Zeeland, dat is opgenomen in Bijlage 2.3. De belangrijkste punten uit dit advies zijn:

Ter hoogte van de Elisabethpolder het materiaalgebruik zo consequent mogelijk over de gehele lengte toepassen. Dit zal betekenen, dat aansluitend bij het bestaande dwarsprofiel de gehele lengte overlaagd moet worden. Indien mogelijk het verschil ondertafel / boventafel accentueren: beneden donkerder: boven lichter.

Rond Port Scaldis bij voorkeur het totaalbeeld weinig zichtbaar veranderen. Dit geldt ook voor de kleine gedeelten in de haven en voor de havendam die aangepakt gaan worden. Het heeft dan ook geen zin hier extra landschappelijke voorwaarden aan te verbinden.

---

Aanbrengen van een damwand in de haven van Breskens is, gezien de beperkte hoogte, landschappelijk acceptabel. Een stalen damwand geniet hierbij de voorkeur, omdat dit aansluit bij de bestaande situatie.

De gekozen bekleding voor het onderhavige dijkvak moet, vanuit een landschappelijk oogpunt, aansluiten op de aangrenzende dijkvakken. Dat wil zeggen dat het bovenbeloop een groene dijk moet worden. Een groene dijk kan alleen aan de oostzijde van het vak gerealiseerd worden.

### **3.5 Archeologie en cultuurhistorie**

Op basis van de Archeologische Monumentenkaart Zeeland en Indicatieve Kaart van Archeologische Waarden zijn er langs het gehele dijktraject geen archeologische bijzonderheden te verwachten.

Uit een inventarisatie cultuurhistorische elementen aan de Westerschelde blijkt dat er door de dijkverbetering geen elementen worden aangetast.

### **3.6 Recreatie**

Het is belangrijk de eventuele recreatieve functies van het dijkvak tegelijkertijd met de dijkverbetering te herstellen of te verbeteren. Het betreffende dijkvak heeft specifieke recreatieve functies:

De haven van Breskens wordt gebruikt door beroepsvaart en pleziervaart. Na de uitbreiding van de haven in 1994 richting Port Scaldis is de capaciteit vergroot tot 580 ligplaatsen en er is ruimte voor ongeveer 80 sportvisboten.

Ter plaatse van dp655 is een strandje met duinen aanwezig, welke beschut ligt achter twee kleine strekdammen.

De geplande dijkverbetering heeft geen invloed op de recreatieve functies, behoudens een tijdelijke invloed tijdens de uitvoering van de werkzaamheden.

### **3.7 Kruinverhoging**

De kruinhoogte tussen dp663 tot dp666+40m ligt op ca. NAP +7,5m. De beheerder heeft vastgesteld dat door deze lage kruinhoogte de golfoverslag onder maatgevende omstandigheden te groot is [Bijlage 2.4]. Op verzoek van de beheerder wordt een oplossing binnen het project uitgewerkt.

Om de kruin te verhogen moet een oplossing worden gezocht binnen het bestaande profiel. Een teenverschuiving is namelijk niet mogelijk vanwege de aanwezigheid van een rijbaan direct langs de binnen- en buitenteen van de dijk. Omdat de bestaande taludhelling vrij steil is kan er geen ruimte gecreëerd worden door het steiler maken van de taluds. De kruinverhoging kan worden uitgevoerd door toepassing van verticale elementen, zoals een damwand of keermuur. De technische uitwerking hiervan is door Raadgevend Ingenieursbureau Lievense B.V. uitgevoerd, en de resultaten hiervan zijn opgenomen in Bijlage 2.5.

### **3.8 Overige randvoorwaarden en uitgangspunten**

Op het haventerrein zijn particuliere eigendommen aanwezig. De werkzaamheden zullen hier zoveel mogelijk tot een minimum worden beperkt.



---

## 4 Toetsing

---

### 4.1 Algemeen

In 1996 heeft Grondmechanica Delft (GeoDelft) gerapporteerd over de toestand van de dijkbekledingen in Zeeland [5]. Daarna is een globale toetsing uitgevoerd aan de hand van de 'Leidraad toetsen op veiligheid, 1999' [6]. Aangezien uit de toetsresultaten is gebleken dat een groot aantal van de bekledingen niet voldoende sterk is, is Project Zeeweringen gestart. Binnen dit project worden de bekledingen opnieuw getoetst volgens het Voorschrift Toetsen Op Veiligheid (VTV) [7], met verbeterde gegevens en golfrandvoorwaarden.

### 4.2 Toetsing toplaag

Het voormalige waterschap Zeeuws Vlaanderen heeft de gezette steenbekledingen langs het gehele dijkvak geïnventariseerd, en globale toetsingen uitgevoerd. Bij deze toetsingen is een deel van de bekledingen als 'onvoldoende' beoordeeld.

Het Projectbureau Zeeweringen heeft gedetailleerde toetsingen uitgevoerd, alsmede toetsingen gecontroleerd en het dijkvak vrijgegeven voor het ontwerp [12], [13] en [14]. Het eindoordeel van de toetsingen, weergegeven in Figuur 4 in Bijlage 1 luidt als volgt:

#### Steenbekledingen

- Basalt op het bovenbeloop tussen dp662 en dp665 is goed getoetst;
- Basalt op het binnentalud tussen dp663 en dp666+40m is goed getoetst;
- Basalt en (petit) Granit op het talud van de oude jachthaven, tussen dp661 en dp663 zijn goed getoetst;
- De losse breuksteenbestorting op de Oostelijke Havendam, alsmede de losse breuksteenbestorting voor Port Scaldis is afgekeurd door een te steile taludhelling. De aanwezige sortering kan door een verflauwing van het talud wel goedgekeurd worden.
- De met asfalt en beton gepenetreerde breuksteen in de proefvakken van het gedeelte Elisabethpolder zijn goed getoetst mits de aanwezige schade wordt hersteld;
- Overige bekledingen zijn afgekeurd.

#### Kreukelbermen

- De bestaande kreukelbermen in de haven bestaan uit een sortering 10-60kg. Deze sortering is goed getoetst [Bijlage 3.2]. In de besteksfase zal worden bekeken of de kreukelbermen mogelijk moeten worden aangevuld;
- De kreukelbermen aan de buitenzijde van de havendam en ter hoogte van Port Scaldis bestaan respectievelijk uit een sortering van 30-100kg en 80-200kg. De benodigde sortering is hier 40-200kg, zodat een groot deel van de bestaande kreukelberm kan worden hergebruikt in de nieuwe zeewaarts aan te brengen kreukelberm.

### 4.3 Toetsing damwanden

De toetsing van de bestaande damwanden (kadeconstructie) is uitgevoerd in april 2010 door Rijkswaterstaat directie Zeeland [15]. In de onderstaande Tabel 4.1 zijn de

conclusies van deze toetsing weergegeven.

Tabel 4.1 Toetsoordeel bestaande damwanden (kadeconstructie)

Sectie	Locatie Damwand	Constructieve toestand
A	Westelijke kadewand noordelijk deel Westelijke Handelshaven	Voldoet niet
B	Westelijke kadewand noordelijk deel Westelijke Handelshaven	Voldoet
C	Westelijke kadewand zuidelijk deel Westelijke Handelshaven	Voldoet
D	Zuidwestelijke kadewand van de Westelijke Handelshaven	Voldoet
E	Westelijke kadewand van de Oostelijke Handelshaven	Voldoet
F	Zuidwestelijke kadewand van de Oostelijke Handelshaven	Voldoet
G	Zuidwestelijke kadewand van de Oostelijke Handelshaven	Voldoet

De afgekeurde damwand sectie A ter plaatse van de Westelijke Handelshaven voldoet niet. In het kader van de overdracht van het betreffende dijkvak van Rijkswaterstaat Zeeland naar het waterschap Scheldestromen – en dus separaat van het project Zeeweringen – zal deze kadeconstructie rond 2013 worden verbeterd. Uitgangspunt van projectbureau Zeeweringen is daarom dat alle aanwezige kadeconstructies voldoen.

De damwand op het bovenbeloop tussen dp665 en dp666+40m is getoetst door Raadgevend Ingenieursbureau Lieveense B.V. Uit deze toetsing blijkt dat deze damwand niet stabiel is onder maatgevende omstandigheden. De maximale belasting treedt op bij een laagwater volgend op een maatgevende hoogwaterstand (NAP +5,75m). In Bijlage 2.5 is de toetsing opgenomen en zijn maatregelen opgenomen om deze instabiliteit te voorkomen.

#### 4.4 Kruinhoogtetekort

De beheerder heeft een toetsing uitgevoerd op de kruinhoogte van het dijkvak [Bijlage 2.4]. Geconcludeerd wordt dat tussen dp663 en dp666+40m, ter hoogte van de Oostelijke Handelshaven Breskens, door een te lage kruin te veel golfoverslag optreedt. De bestaande kruinhoogte ligt hier op ca. NAP +7,50m, dit is circa 0,70m lager dan het westelijk aansluitend traject. De golfoverslag is maximaal ter plaatse van dp666 en bedraagt ca. 38l/m/s.

#### 4.5 Conclusies

Conclusie van de toetsing van de bekleding is dat een deel van de gezette steenbekleding afgekeurd is. De goedgekeurde delen betreffen met name delen van de basaltbekleding en (Petit) graniet in de haven van Breskens en de gepenetreerde (breuk)steen van de proefvakken.

De losse breuksteenbestortingen op de Oostelijke Havendam en ter plaatse van Port Scaldis dienen in een flauwer talud te worden geherprofileerd, zodat ook deze goed getoetst kunnen worden.

De overige bekledingen zijn afgekeurd en moeten dus worden verbeterd.

De kruinhoogte van de dijk zal van dp666+40m tot aan dp663 met ca. 1,0m moeten worden verhoogd en er dienen maatregelen te worden getroffen ten behoeve van instabiliteit bestaande damwand [Bijlage 2.5]

## 5 Keuze bekleding

---

### 5.1 Inleiding

Uit de toetsing is gebleken dat een groot deel van de bestaande bekleding moet worden verbeterd. Enkele vlakken moeten worden ingepast in het nieuwe ontwerp. In dit hoofdstuk wordt eerst bepaald welke nieuwe bekledingstypen kunnen worden toegepast. Vervolgens wordt een keuze gemaakt. De volgende stappen worden gevolgd:

- Beschikbaarheid;
- Voorselectie;
- Technische toepasbaarheid;
- Afweging en keuze.

### 5.2 Beschikbaarheid

In Tabel 5.1 zijn de hoeveelheden materiaal, zoals bijvoorbeeld betonblokken en basaltzuilen, weergegeven die mogelijk vrijkomen bij het vernieuwen van de bekleding en die eventueel kunnen worden hergebruikt. Niet herbruikbare materialen dienen te worden afgevoerd.

Tabel 5.1 Vrijkomende hoeveelheden betonblokken en basaltzuilen (exclusief verliezen)

Toplaag	Afmetingen	Oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	Oppervlakte gekanteld [m <sup>2</sup> ]
Vlakke betonblokken	0,50 x 0,50 x 0,25/0,20 m <sup>3</sup>	1.400	Ca. 700

### Materialen uit bestaande depots of uit andere dijkverbeteringen

De dijkverbetering Breskens Kom wordt in 2013 uitgevoerd. Op dit moment is nog niet bekend hoeveel bekledingsmateriaal bij de start van de uitvoering bij andere dijkverbeteringen vrij zal komen of aanwezig is in nabij gelegen depots. Wanneer de dijkverbetering van deze nota gelijktijdig met deze andere dijkverbeteringen wordt uitgevoerd, kunnen knelpunten ontstaan in de aanvoer van de te hergebruiken materialen, bijvoorbeeld als gevolg van mogelijke verschuivingen in de planning. In deze ontwerpnota wordt geen rekening gehouden met de aanvoer van bestaande materialen, die elders vrijkomen.

### 5.3 Mogelijk toepasbare materialen

De volgende bekledingstypen zijn toepasbaar [2]:

- 1) zetsteen op uitvullaag:
  - a) (gekantelde) betonblokken,
  - b) (gekantelde) granietblokken,
  - c) (gekantelde) koperslakblokken,
  - d) basaltzuilen,
  - e) Betonzuilen;
- 2) Breuksteen op filter of geotextiel:
  - a) losse breuksteen,

- 
- b) patroon- of vol-en-zat gepenetreerde breuksteen of vrijkomend materiaal (eventueel gebroken) met asfalt of dicht colloïdaal beton; de vol-en-zat-variant kan ook in de categorie 'plaatconstructie' vallen;
  - 3) Plaatconstructie:
    - a) waterbouwasfaltbeton boven GHW;
    - b) open steen asfalt (OSA)
  - 4) Overlaagconstructies:
    - a) losse breuksteen,
    - b) vol-en-zat gepenetreerde breuksteen of vrijkomend materiaal (eventueel gebroken) met asfalt of dicht colloïdaal beton; de vol-en-zat-variant kan ook in de categorie 'plaatconstructie' vallen;
  - 5) Kleidijk.

#### **Ad 1.**

Koperslakblokken en granietblokken komen bij dit dijkvak niet vrij en worden buiten beschouwing gelaten.

Een groot deel van de aanwezige basaltzuilen zijn goedgekeurd en kunnen behouden worden. Hierdoor is de hoeveelheid vrijkomende basalt erg klein.

Haringmanblokken en vlakke blokken zijn in dusdanig kleine hoeveelheden beschikbaar voor hergebruik, dat deze niet als bekledingsalternatief in de afweging worden meegenomen.

#### **Ad 2./4.**

Bekledingen van losse breuksteen bestaan in het algemeen uit sorteringen die zwaarder zijn dan of gelijk aan 60-300 kg. Aangezien deze bekledingen daarom slecht toegankelijk zijn, bijvoorbeeld voor recreanten, worden bekledingen van losse breuksteen in de haven en ten oosten van Port Scaldis buiten beschouwing gelaten. Echter direct voor Port Scaldis, en op het buitentalud van de Oostelijke Havendam is in de huidige situatie reeds een losse breuksteenbekleding aanwezig en kan hier ter plaatse worden hergebruikt. [zie bijlage 3.1]

Bij een gepenetreerde bekleding in de getijdenzone wordt asfalt als penetratiemateriaal gebruikt, omdat een penetratie met colloïdaal beton moeilijker is uit te voeren en meer onderhoud vraagt.

#### **Ad 3.**

Aangezien de bekleding op het talud onderhevig is aan vrij forse golfaanval, is open steenasfalt als taludbekleding op verzoek van de beheerder niet in de afweging meegenomen. Wel kan deze bekleding worden toegepast op het haventerrein, of op de taluds boven het havenplateau, omdat hier geen dagelijkse golfbelasting plaatsvindt.

Waterbouwasfaltbeton is niet toepasbaar op de ondertafel, maar kan op of boven het havenplateau worden toegepast.

#### **Ad 4.**

Een overlaging van breuksteen gepenetreerd met asfalt wordt veelal toegepast wanneer een lager liggend deel van de ondertafel onvoldoende sterk is en een hoger liggend, aanmerkelijk groot deel kan worden gehandhaafd of wanneer het deel, dat onvoldoende is, relatief diep ligt en moeilijk bereikbaar is of in het geval van steile taluds waarbij weinig ruimte beschikbaar is waardoor andere materialen niet toepasbaar zijn. Op delen van het dijkvak van deze nota zijn de taluds aan de steile kant.

---

Een overlaging van gepenetreerde breuksteen is zowel in de aanleg als in het onderhoud een goedkoop alternatief. De bekleding is dusdanig sterk dat een laagdikte van 40 cm breuksteen met sortering 10-60kg vrijwel altijd voldoet. Daar komt bij dat de bestaande bekleding gehandhaafd blijft en daarmee voor een reststerkte zorgt. Voor een goede aangroei van wieren kan de gepenetreerde breuksteen afgestrooid worden met lavasteen. Met een overlaging wordt tevens het grondverzet aanzienlijk beperkt, indien er op de ondertafel plaatselijk een kleidikte tekort is.

#### **Ad 5.**

Aangezien de dijk geen voldoende hoog en stabiel voorland heeft en onderhevig is aan vrij forse golfaanval komt deze niet voor de toepassing van een kleidijk in aanmerking.

Op basis van het memo uit bijlage 2, met daarin het ecologisch advies voor de nieuwe bekledingen, en op basis van de voorselectie mogen de bekledingen in het onderhavige dijkvak vervangen worden door breuksteen, breuksteen gepenetreerd met asfalt, waterbouwasfaltbeton (WAB) of betonzuilen.

Voor de buitenzijde van de Oostelijke Havendam geldt dat de voorkeur uitgaat naar een bekleding van los gestorte breuksteen om de wierbegroeiing te bevorderen (memo Bijlage 2.2).

In de volgende paragraaf wordt bepaald of deze bekledingen technisch toepasbaar zijn.

### **5.4 Technische toepasbaarheid**

De technische toepasbaarheid van een bekleding met zetsteen moet worden aangetoond met het rekenprogramma Steentoets2010, met inachtneming van het Technisch Rapport Steenzettingen [8], en uitgaande van de representatieve waarden voor de constructie en de randvoorwaarden. De rekenmethodiek wordt beschreven in de Handleiding Ontwerpen [2].

De berekeningen betreffen alleen het bezwijkmechanisme 'Instabiliteit van de topklaag'. Met het bezwijkmechanisme 'Afschuiving' wordt rekening gehouden door te werken met hellingen flauwer dan of gelijk aan 1:2,5. Steilere hellingen worden alleen toegelaten wanneer het niet anders kan, bijvoorbeeld bij de aansluiting op een gemaal of sluis. De benodigde dikte van de kleilaag wordt gegeven in hoofdstuk 6. Met het bezwijkmechanisme 'Materiaaltransport' wordt rekening gehouden bij het ontwerp van het geokunststof (hoofdstuk 6).

#### **5.4.1 Taludhellingen, berm en teen**

Een belangrijk aspect in de berekening van de technische toepasbaarheid is de taludhelling. Binnen bepaalde grenzen biedt het ontwerp de mogelijkheid tot het kiezen van de taludhelling. Het is in principe mogelijk om de taludhelling zo flauw te kiezen dat elk bekledingstype toepasbaar is. In het onderhavige dijkvak is het in de haven niet mogelijk de taludhellingen te verflauwen. Er moet worden gezocht naar een optimalisatie tussen grondverzet, bekledingslengte, kosten en natuurwaarden. In het algemeen moet een nieuwe bekleding worden aangelegd tussen de bestaande teen en de bestaande berm, en zoveel mogelijk worden aangepast aan de bestaande taludhelling, ter beperking van het benodigde grondverzet. Daarnaast kan worden geëist dat een bepaalde dikte van de kleilaag wordt gehandhaafd, met name als het een kleilaag op zand betreft. Ook dit kan de keuze van de taludhelling beïnvloeden. Wanneer de bestaande kleilaag moet worden afgegraven en opnieuw opgebouwd, om te voldoen aan een minimale laagdikte, kan de taludhelling worden gewijzigd.

De taludhellingen en de teenniveaus van de dijk langs Breskens Kom zijn gegeven in Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Nieuwe taludhelling, teenniveau en teenverschuiving

Dijkpaal	Talud helling oud [1:]	Talud helling nieuw [1:]	Niveau teen oud [NAP + m]	Niveau teen nieuw [NAP + m]	Verschuiving teen [m]	Habitat verlies [ha]
666	verticale damwandconstructie					
664	2,7	2,7	verticale damwandconstructie			
661+80m	2,8	2,8	-0,49	0,00	-	-
659	2,0	2,0	0,26	0,71	-	-
658-300m buiten	1,59	3,0	-0,79	-0,91	-	-
658-300m binnen	2,0	2,0	-0,68	-0,75	-	-
657	1,39	2,5	-0,20	-0,72	-	-
655+50m	3,0	3,0	2,46	0,0	- (Teen onder voorland)	-
652	3,2/4,6	3,2/4,6	0,35	0,35	-	-
650	3,0/4,9	3,0/4,9	0,18	idem	-	-

De nieuwe taludhelling in Tabel 5.2 is de gemiddelde taludhelling. Door het aanbrengen van tonrondte is de taludhelling op de ondertafel wat steiler en op de boventafel wat flauwer. Hiermee is rekening gehouden in het ontwerp door conform het Technisch Rapport Steenzettingen steeds te rekenen met de gemiddelde helling over een diepte van  $1,5 \cdot H_s$  onder de beschouwde waterstand.

De buitenberm valt gedeeltelijk samen met het havenplateau. Het havenplateau westelijk van dp664 ligt op een hoogte van ca. NAP+3,20m. Tussen dp664 en dp660 ligt het havenplateau hoger op ca. NAP +3,8m. Vanaf dp660 oostwaarts ligt het havenplateau op een hoogte van NAP +5,80m. De bermhoogte ter plaatse van dp656 tot dp649+20m ligt op ca. NAP +5,75m.

#### 5.4.2 Betonzuilen

Een nieuwe gezette steenbekledingen kan worden toegepast tot een maximale taludhelling van 1:2,5 in verband met het mechanisme afschuiving. Geconcludeerd wordt dat betonzuilen niet toepasbaar zijn ter plaatse van de Nieuwe Jachthaven, tussen dp660 en de aanzet van de Oostelijke Havendam, evenals de gehele binnenzijde van deze dam. De taludhelling varieert hier van 1:2,0 tot 1:2,4 en is daarmee te steil voor het toepassen een steenzetting.

#### 5.4.3 Gepenetreerde breuksteen

In Bijlage 2.2 is een memo opgenomen met een advies voor wat betreft de toe te passen bekledingstypes in relatie tot de natuurwaarden. Hieruit blijkt dat het overgrote deel van de afgekeurde bekledingen in het onderbeloop mag worden overlaagd met breuksteen gepenetreerd met asfalt.

Een bekleding van gepenetreerde breuksteen is robuust en kan een hogere belasting weerstaan dan de golftrandvoorwaarden zoals gegeven in hoofdstuk 3. Deze bekleding is dus goed bestand tegen een eventuele hogere belasting die mag ontstaan door golfreflectie in de haven.

---

Een ingegoten bekleding wordt standaard uitgevoerd met breuksteen van de sortering 10-60 kg, die in een laag met een minimale dikte van 0,40 m dient te worden aangebracht. Deze ingegoten laag kan de golfklappen goed weerstaan.

#### 5.4.4 Losse Breuksteen

Ter plaatse van de taluds voor Port Scaldis en op de buitenzijde van de Oostelijke havendam kan de bestaande taludhelling van de bekleding van los gestorte breuksteen worden aangepast zodat deze gehele bekleding behouden kan blijven. [zie bijlage 3.1]

### 5.5 Deelgebieden en voorselectie

Op basis van de geometrie, technische toepasbaarheid, hydraulische en ecologische randvoorwaardenvakken is het dijkvak opgedeeld in 6 deelgebieden. De nummering van de dwarsprofielen komt overeen met het deelgebied waarop ze betrekking hebben. Zie voor een schematische weergave van de bestaande bekleding Figuur 3 in Bijlage 1. De deelgebieden zijn:

#### *Deelgebied I, Handelshaven: dp666+40m – dp662*

In dit deelgebied zijn de aanwezige bekledingen goed getoetst en dient alleen ten behoeve van het verminderen van de golfoverslag de kruin van de dijk te worden verhoogd. De kruinhoogte van de dijk zal van dp666+40m tot aan dp663 met ca. 1,0m moeten worden verhoogd. Bij toepassing van een kruinmuur blijft het bovenbeloop en het binnentalud hier behouden. De technische uitwerking hiervan is door Raadgevend Ingenieursbureau Lieveense B.V. uitgevoerd, en de resultaten hiervan zijn opgenomen in Bijlage 2.5. Representatieve dwarsprofielen voor dit deelgebied zijn dp666 (bestaande damwand) en dp664. De taludhelling van het bovenbeloop buitenzijde is ter plaatse van dp664 ca. 1:2,7.

#### *Deelgebied II, Oude Jachthaven: dp663 – dp660*

De aanwezige basaltbekleding op de taluds in dit deelgebied zijn goed getoetst, echter de verharding van losse elementen zoals onder andere (petit) graniet op de plateaus niet. Door erosie op het plateau toe te staan dient alleen een goede beëindiging gemaakt te worden van de aansluiting van het talud op het havenplateau. Aanbrengen van gepenetreerde breuksteen is gezien de recreatieve functie van het haventerrein niet wenselijk, daarom wordt deze aansluiting uitgevoerd in waterbouwasfaltbeton, waarop nadien de betonplaten van de looplijn op worden teruggeplaatst. Daar waar het plateau onder ontwerppeil ligt dient het bovenbeloop te worden voorzien van een bekleding tot ontwerppeil +0,5H<sub>s</sub>. De helling van het bovenbeloop is ca. 1:3,0.

Representatief dwarsprofiel van dit deelgebied is dp661+80m. De taludhelling van het onderbeloop is ca 1:2,8, van het bovenbeloop ca. 1:4,4.

#### *Deelgebied III, Nieuwe Jachthaven: dp660 – dp658-100*

Ter plaatse van de Nieuwe Jachthaven, tussen de dp659 en dp660, is het talud voorzien van een bekleding van vlakke betonblokken. Het talud tussen dp659 en de aansluiting op de Oostelijke Havendam bestaat uit een breuksteenbekleding welke boven het gemiddeld hoogwater is ingegoten met colloïdaal beton. Representatief dwarsprofiel voor dit deelgebied is dp659. De taludhelling is ca 1:2,1. Door de steile taludhelling op het onderbeloop is een gezette steenbekleding niet toepasbaar. Een bekleding van gepenetreerde breuksteen kan worden toegepast op het gehele talud. Een bekleding van

---

waterbouwasfaltbeton wordt toegepast op de aansluiting op het haventerrein, om net als in Deelgebied II de gebruiksfunctie te behouden.

*Deelgebied IV, Oostelijke havendam: dp658-100m – dp658-700m*

De Oostelijke Havendam heeft een bestaande kruinhoogte van NAP +4,50m. Omdat deze kruinhoogte bepalend is voor de golfreductie in het havenbekken dient deze kruinhoogte minimaal behouden te blijven. De bestaande bekleding van losse breuksteen op het buitentalud kan opnieuw worden geprofileerd in een flauwere taludhelling om deze stabiel te kunnen krijgen bij de maatgevende golfrandvoorwaarden.

Door de steile taludhelling is aan het binnentalud een steenzetting niet toepasbaar. Daarom wordt een nieuwe overlaging van gepenetreerde breuksteen aangebracht. Waterbouwasfaltbeton wordt niet als alternatief meegenomen, omdat een grote laagdikte benodigd is om de wateroverdrukken te weerstaan. Tevens is door de beperkte werkruimte op de havendam en de steile taluds een bekleding van gepenetreerde breuksteen eenvoudiger aan te brengen.

Representatief dwarsprofiel van dit deelgebied is dp658-300m. De bestaande taludhelling van de bestorting van losse breuksteen aan de zeezijde is ca 1:1,8. Aan de binnenzijde van de havendam is de taludhelling ca. 1:2,4, aan de buitenzijde wordt deze verminderd tot 1:3,0.

*Deelgebied V, Port Scaldis: dp658-100m – 655+70m*

De laagopbouw van de bekleding van het talud voor Port Scaldis bestaat uit breuksteen, op fosforslakken of tout-venant, op geotextiel. De breuksteen betreft een onderlaag met een sortering van 80-200kg, en een toplaag van 800-1500kg en is aangebracht tot een hoogte variërend van NAP +4,50m tot +5,30m.

Representatief dwarsprofiel van dit deelgebied is dp657. De taludhelling van de losse breuksteen bestorting is ca 1:2,0. Door de steile taludhelling is een steenzetting niet toepasbaar. De bestaande bekleding van losse breuksteen op het talud kan opnieuw worden geprofileerd in een flauwere taludhelling om deze stabiel te kunnen krijgen bij de maatgevende golfrandvoorwaarden.

*Deelgebied VI, Proefvakken Elisabethpolder: dp655+70m – 649+20m*

Bij de aansluiting op Port Scaldis ligt een strandje met duinen. Achter het strandje wordt een verborgen glooiing aangebracht van gepenetreerde breuksteen, welke aansluit op de reeds aanwezige proefvakken en op de losse breuksteen voor Port Scaldis.

Van dp655+70m tot dp649+20m bevat het deelgebied 14 proefvakken met overlagingen van breuksteen 10-60kg, gezette natuursteen of betonblokken, gepenetreerd met gietasfalt of colloïdaal beton. Tussen dp649+20m en dp651+80m is op de boventafel een bekleding aanwezig van betonblokken dik 0,25m, welke gelijmd zijn op een ondergrond van filterasfalt. De met asfalt en beton gepenetreerde (breuk)steen is voldoende getoetst. Er dient alleen op plaatsen waar de ingieting slecht in de steenbekleding is doorgedrongen, of tijdens uitvoering is weggespoeld, herstel plaats te vinden. De bekleding van betonblokken gelijmd op filterasfalt dient te worden vervangen. Gezien de kleine oppervlakte van dit vak wordt evenals de bekleding van de aansluitende vakken een met asfalt gepenetreerde breuksteen bekleding toegepast met een sortering 10-60kg.

Representatieve dwarsprofielen voor dit deelgebied zijn dp650, dp652 en dp655+50m. De taludhelling varieert van 1:3,5 tot 1:4,5.



## 5.6 Nieuwe bekleding

Uit de voorgaande paragraaf blijkt dat er voor geen van de deelgebieden alternatieven zijn voor de nieuwe bekleding. In Tabel 5.3 zijn de nieuwe bekledingstypen weergegeven voor de deelgebieden van het onderhavige dijkvak.

Tabel 5.3 Nieuwe bekledingen

Deel geb.	Locatie		Bekleding	Ondergrens [NAP +m]	Bovengrens [NAP +m]
	Van [dp]	Tot [dp]			
I	666+40m	662	Bestaande bekleding	-	-
II	663	660	Bestaande bekleding	-	-
III	660	658-100m	Breksteen gepenetreerd met asfalt	0,20	4,60/5,75
IV	658-700m	658+50m	Buitenzijde: Breksteen los gestort	-0,80	4,50
			Binnenzijde: Breksteen gepenetreerd met asfalt	-0,80	2,80
V	658+50m	655+70m	Breksteen los gestort	-0,80	5,50
VI	655+70m	649+20m	Overlaging gepenetreerd met asfalt of beton en bestaande bekleding	0,20/4,00	5,75

### 5.6.1 Landschap

Het toepassen van een bekleding van gepenetreerde breksteen voldoet aan de adviezen met betrekking tot landschap. Ter plaatse van de Elisabethpolder wordt het materiaal in de nieuwe situatie consequent over de gehele lengte toegepast. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat het accentueren van een donkere ondertafel en een lichte boventafel niet mogelijk is.

Het toepassen van een losse breksteenbekleding op de havendam en rond Port Scaldis geeft geen zichtbare verandering ten opzichte van de huidige situatie.

Om te voorkomen dat door de nieuwe bekleding van breksteen gepenetreerd met asfalt de begaanbaarheid voor recreanten ter plaatse van het strandje in deelgebied VI vermindert, wordt de nieuwe bekleding hier afgedekt met zand. Dit is gelijk aan de huidige situatie.

### 5.6.2 Natuur

Bij het nieuwe ontwerp is herstel van de huidige natuurwaarden mogelijk doordat enerzijds de bestaande bekledingen van losse breksteen behouden blijven en anderzijds wordt voor de andere deelgebieden voldaan aan het advies met betrekking tot de natuurwaarden.

### 5.6.3 Kosten

In het algemeen zijn bekledingen van vol-en-zat gepenetreerde breksteen economisch gunstig.

Op de buitenzijde van de Oostelijke havendam en ter plaatse van het talud bij Port Scaldis (deelgebied IV en V) dient aangevuld te worden met een grovere sortering breksteen dan in de huidige situatie en dus een grotere laagdikte. Doordat hier de breksteen niet wordt ingegoten met gietasfalt zullen de kosten per saldo minder zijn dan een compleet nieuwe bekleding van breksteen gepenetreerd met asfalt.

## 5.7 Onderhoudsstrook

Het havenplateau westelijk van dp664 ligt op een hoogte van ca. NAP+3,20m. Tussen dp664 en dp660 ligt het havenplateau hoger op ca. NAP +3,8m. Vanaf dp660 oostwaarts ligt het havenplateau op een hoogte van NAP +5,80m. Het haventerrein is grotendeels voorzien van een asfaltbekleding, gebakken klinkerverharding, betonstraatstenen, vlakke betonblokken of puinverharding. Verder is op het haventerrein veel bebouwing aanwezig. Uitgezonderd een strook die direct grenst aan de bekleding wordt er op het havenplateau geen nieuwe asfaltbekleding aangebracht.

Ter plaatse van deelgebied VI is op de stormvloedberm reeds een onderhoudsstrook aangelegd. De toplaag hiervan is uitgevoerd in asfaltbeton. In de besteksfase wordt bekeken of hier een nieuwe toplaag moet worden aangebracht.

Het gehele dijkvak is opengesteld voor fietsers en voetgangers.

## 5.8 Bekleding tussen ontwerppeil en berm

Vanaf dp659 tot dp666+20m ligt het havenplateau onder het ontwerppeil en is dus een bekleding nodig op het talud boven het plateau tot het ontwerppeil +  $\frac{1}{2}H_s$ +0,5m. De bestaande steenbekleding is voor een groot deel goed getoetst, alleen dient tussen dp659 tot 661+50m, het beloop boven het plateau te worden voorzien van een bekleding. Omdat hier bebouwing aanwezig is behoeft daartussen slechts een smalle strook bekleding te worden aangebracht, welke door de kleine hoeveelheid kan bestaan uit gezette basaltzuilen. De dikte van de zuilen wordt afgestemd op de goedgekeurde basaltzuilen uit deelgebied 1 en bedraagt 0,30m tot 0,35m.

## 5.9 Golfoploop

De golfoploop van de nieuwe bekledingen, tijdens ontwerpcondities, is vergeleken met de golfoploop in de oude situatie. In Tabel 5.4 is voor een aantal dwarsprofielen het effect van het gewijzigde talud en de gewijzigde berm op de golfoploop gegeven. Doordat een gedeeltelijke kruinverhoging in het dijkvak wordt uitgevoerd, is voor deelgebied I en deelgebied II geen vergrotingsfactor golfoploop berekend. Hier is de werkelijke golfoverslag maatgevend voor het nieuwe ontwerp.

De berekening van de golfoploop is opgenomen in Bijlage 3.3. Hieruit wordt geconcludeerd dat bij het merendeel van de dwarsprofielen de golfoploop gelijkblijft en ter plaatse van Port Scaldis de golfoploop afneemt.

De kruinhoogte van de havendam en de doorlatendheid van de toplaag blijft vrijwel gelijk, zodat de golftransmissie en golfoverslag over de havendam eveneens niet significant zal wijzigen.

Tabel 5.4 Effect op golfoploop

Dwarsprofiel (Dijkpaal)	Vergrotingsfactor golfoploop
1a (dp666)	- (kruinverhoging)
1b (dp664)	- (kruinverhoging)
2 (dp661+80m)	- (kruinverhoging)
3 (dp659)	1,00
4 (dp658-300)	- (havendam)
5 (dp657)	0,88
6a (dp655+50m)	1,00
6b (dp652)	1,00
6c (dp650)	1,00

## 6 Dimensionering

In dit hoofdstuk wordt het ontwerp, dat is weergegeven in Tabel 5.3. De bijbehorende dwarsprofielen zijn weergegeven in Figuur 5 t/m Figuur 13 in Bijlage 1.

De dimensionering wordt beschreven per constructieonderdeel, van de kreukelberm tot het bovenbeloop. Voor achtergrondinformatie wordt verwezen naar de Handleiding Ontwerpen [2].

### 6.1 Kreukelberm en teenconstructie

In het algemeen bestaat de kreukelberm uit breuksteen, die wordt aangebracht op een geokunststof. De kreukelberm moet de teen van de bekleding tegen erosie beschermen en de bekleding ondersteunen.

De benodigde minimale sortering van de toplaag, die is bepaald volgens de Handleiding Ontwerpen [2], bedraagt 10-60 kg. Hierbij is uitgegaan van een voorland waar tijdens de planperiode een erosie zal ontstaan van maximaal 0,5m. In Bijlage 3.3 is een berekening opgenomen.

In Tabel 6.1 zijn de steensortering voor de verschillende randvoorwaardenvakken weergegeven. De nieuwe kreukelberm heeft een breedte van 5 m, maar daar waar de kreukelberm in de haven direct nabij de afmeersteigers ligt (deelgebied 2) wordt een breedte van 3,0m aangehouden. De laagdikte is 0,5 m tot 1,0 m, afhankelijk van de benodigde sortering en de gekozen breedte.

Tabel 6.1 Nieuwe kreukelberm

RVW vak	Deel gebied	Locatie		Hoogte t.o.v. NAP [m]	Sortering [kg]	Laagdikte [m]	Gep.
		Van [dp]	Tot [dp]				
7	II	Oude Jachthaven dp661	dp663	0,2	10-60 <sup>1)</sup>	1,0	Nee
7	III	Nieuwe Jachthaven dp660	dp658-100m	0,7	10-60 <sup>1)</sup>	0,5	Nee
7	IV	Binnenzijde Havendam dp658-100m	dp658-700m	-0,3/-0,8	10-60 <sup>1)</sup>	0,5	Nee
Haven	IV	Buitenzijde Havendam dp658-100m	dp658-700m	-0,8/-1,2	40-200 <sup>1)</sup>	0,7	Nee
139b	V	Port Scaldis dp655+70m	dp658-100m	-0,7	40-200 <sup>1)</sup>	0,7	Nee
139b	VI	Elisabethpolder dp655+70m	dp653	0,0/0,3	10-60	0,5	Nee
139a	VI	Elisabethpolder dp653	dp649+20m	0,0/0,3	10-60	0,5	Nee

<sup>1)</sup> bestaande kreukelberm kan worden hergebruikt in nieuwe kreukelberm

Het geokunststof onder de kreukelberm is een polypropeen weefsel, waarop een vlies is gestikt voor extra bescherming tijdens het storten van de steen. Hetzelfde weefsel wordt toegepast onder de geasfalteerde onderhoudsstrook. De bestekseisen voor dit weefsel zijn vermeld in Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Eisen geokunststof weefsel

Eigenschap	Waarde
Treksterkte	$\geq 50$ kN/m (ketting en inslag)
Rek bij breuk	$\leq 20$ % (ketting en inslag)
Doorstromingsweerstand	$V_{I_{H50}}$ -index $\geq 15$ mm/s
Poriegrootte $O_{90}$	$\leq 350$ $\mu$ m
Levensduurverwachting	type B (NEN 5132)
Overlap	Banen geotextiel leggen met een overlap van ten minste 0,50 m

In het traject wordt geen nieuwe gezette steenbekleding toegepast en dus ook geen nieuwe teenconstructie geplaatst. De bovenkant van de kreukelberm moet samenvallen met de bovenkant van de bestaande teenconstructie.

## 6.2 Gepenetreerde breuksteen

De overlagingen worden uitgevoerd met breuksteen van 10-60 kg, die met een minimale laagdikte van 0,40 m aangebracht dient te worden. Deze minimale laag moet vol-en-zat met gietasfalt worden ingegoten.

Wateroverdrukken onder de ingegoten bekleding dienen te worden beperkt door aan de bovenrand (en aan de verticale randen) van deze nieuwe bekleding een afdichting aan te brengen, die het van bovenaf vollopen van de oude bekleding en de onderliggende filterconstructie moet voorkomen. Aan de horizontale bovenrand van de ingegoten bekleding dient het bovenste deel van de afgekeurde bekleding te worden verwijderd tot aan de onderlaag van klei of mijnsteen, waarna de ontstane inkassing moet worden opgevuld met ingegoten breuksteen. De verticale randen dienen op dezelfde wijze te worden uitgevoerd. De horizontale bovenrand dient afwaterend te worden aangelegd.

De betonblokken, die worden overlaagd, moeten worden gebroken, voordat de overlaging wordt aangebracht. Zo wordt voorkomen, dat een eventuele holte onder de blokken, die is ontstaan door de uitspoeling van klei, onopgemerkt blijft en niet wordt opgevuld.

De teen van de overlaging sluit aan op de bovenzijde van de kreukelberm. De bijbehorende hoogten zijn weergegeven in Tabel 6.1.

## 6.3 Los gestorte breuksteen

Ter plaatse van de taluds voor Port Scaldis en op de buitenzijde van de Oostelijke havendam kan de bestaande taludhelling van de bekleding van los gestorte breuksteen worden aangepast zodat deze bekleding behouden kan blijven. Er is een toetsing van de stabiliteit voor breuksteen op havendammen uitgevoerd volgens het Voorschrift Toetsen op Veiligheid.

Op het buitentalud van de havendam kan de bestaande breuksteen sortering 300-1000kg onder het niveau van NAP +2,50m te worden hergebruikt. Uitgaande van een schadegetal van 6 wordt een begin van schade toegestaan onder maatgevende omstandigheden. De benodigde taludhelling is berekend voor het taluddeel boven en onder NAP +2,50m. Geconcludeerd wordt dat het talud moet worden verflauwd tot een helling van 1:3. Op het gedeelte boven NAP +2,50m dient een nieuwe sortering te worden aangebracht van breuksteen 1-3 ton.

---

Op het gedeelte voor Port Scaldis kan de bestaande sortering 800-1500kg onder het niveau van NAP +2,50m worden hergebruikt. Uitgaande van een schadegetal van 5 wordt een begin van schade toegestaan onder maatgevende omstandigheden. De benodigde taludhelling is berekend voor het taluddeel boven en onder NAP +2,50m. Geconcludeerd wordt dat het talud moet worden verflauwd tot een helling van 1:2,5. Op het gedeelte boven NAP +2,50m dient een nieuwe sortering te worden aangebracht van breuksteen 1-3 ton.

De hoogtegrens van NAP+2,50m kan, indien de vrijkomende breuksteen een kleine hoeveelheid bedraagt, alleen naar beneden worden bijgesteld.

#### **6.4 Overgang tussen boventafel en berm of havenplateau**

Het havenplateau westelijk van dp664 ligt op een hoogte van ca. NAP+3,20m. Tussen dp664 en dp660 ligt het havenplateau hoger op ca. NAP +3,8m. Vanaf dp660 oostwaarts ligt het havenplateau op een hoogte van NAP +5,80m. Het haventerrein is grotendeels voorzien van een asfaltbekleding, gebakken klinkerverharding, betonstraatstenen, vlakke betonblokken of puinverharding. Verder is op het haventerrein veel bebouwing aanwezig.

Op de overgangen van de taluds naar het plateau wordt een asfaltverharding aangebracht. De strook asfalt zal voorkomen dat de erosie welke op het haventerrein is toegestaan, niet voor instabiliteit zal zorgen ter plaatse van de aangrenzende bekleding.

Tussen dp663+50m tot dp666+20m is deze strook asfaltverharding gelegen aan de landzijde van de rijweg Keerdam. Tussen dp663+50m en dp 662, daar waar de Keerdam een dijkovergang vormt, wordt de strook asfaltverharding aangebracht aan beide zijden van de rijweg.

Ter plaatse van de Oude Jachthaven is zowel gras en bebouwing aanwezig als een "looplijn" bestaande uit stelconplaten op de overgang van het talud naar het plateau. Ter plaatse van de bebouwing is optreden van erosie van het plateau niet aannemelijk. De betonnen platen zullen worden gehandhaafd.

Rondom Port Scaldis wordt eveneens een strook asfaltverharding aangebracht ter plaatse van overgangen van de taluds naar het plateau. De breedte wordt afgestemd op de bestaande breedte van de wandelstrook.

Tijdens de uitvoering wordt de berm voor Port Scaldis gebruikt als werkweg bestaande uit een 0,3 m dikke laag fosforslakken, van de sortering 0/45 mm (hydraulisch bindend), op een weefsel. De eigenschappen van dit standaardweefsel zijn vermeld in Tabel 6.2. De strook van fosforslakken wordt na de uitvoering niet verwijderd, maar afgewerkt tot de gewenste laagdikte van 0,4 m en afgedekt met asfalt. Gegeven een verdichte fundering van fosforslakken, stelt het toekomstige gebruik van de onderhoudsstrook geen aanvullende sterkte-eisen.

#### **6.5 Kruinverhoging deelgebied I**

De kruinhoogte tussen dp663 tot dp666+40m ligt op ca. NAP +7,5m. De beheerder heeft vastgesteld dat door deze lage kruinhoogte de golfoverslag onder maatgevende omstandigheden te groot is [Bijlage 2.4].

De kruinverhoging wordt uitgevoerd door toepassing van een verticale keermuur of kruinmuur. De benodigde nieuwe hoogte van de muur is berekend bij een maximaal overslagdebiet van 1/l/m/s. De benodigde hoogte is dan NAP+8,20m. Hierbij is uitgegaan van een keermuur waarbij aan de zeezijde van de muur een zogenaamde

---

neus of parapet aanwezig is [Bijlage 2.5], die voor extra reductie van de golfoverslag zorgt.

De technische uitwerking en vormgeving van de muur alsmede de toets op de geotechnische stabiliteit is door Raadgevend Ingenieursbureau Lieveense B.V. uitgevoerd, en de resultaten hiervan zijn opgenomen in Bijlage 2.5.

---

## 7 Aandachtspunten voor bestek en uitvoering

---

### 7.1 Bekledingstypen

Voorafgaande aan het aanbrengen van de overlagingen van ingegoten breuksteen moeten de onderliggende lagen worden schoongemaakt. Er mogen geen algen, en geen zand - en slibresten aanwezig zijn. Er moet rekening gehouden worden met de invloed van de getijbeweging op de kwaliteit van het ingieten. Aanvoer van sediment heeft, indien voorafgaand aan het ingieten, een verminderde sterkte tot gevolg door de slechtere hechting van de ingegoten asfalt aan de breuksteen en de onderlaag. Het heeft de voorkeur de breuksteen aan te brengen en in te gieten tijdens hetzelfde laagwater. Er dient een pomp met spuitlans aanwezig te zijn, zodat de breuksteen voorafgaande aan het ingieten schoon kan worden gespoten.

Voorkomen moet worden dat de gietasfalt kort voor en tijdens het aanbrengen te veel afkoelt.

Aan de bovenrand en aan de verticale randen dient een afdichting te worden aangebracht.

Bij het werken aan de overlagingen moet de kwaliteit van de te handhaven basaltbekledingen worden gewaarborgd.

Steen van kreukelbermen dient hergebruikt te worden. In de besteksfase dient bekeken te worden of de goed getoetste kreukelbermen aangevuld dienen te worden.

Betonblokken, die worden overlaagd, moeten worden gebroken, voordat de overlaging wordt aangebracht. Zo wordt voorkomen, dat een eventuele holte onder de blokken, ontstaan door de uitspoeling van klei, onopgemerkt blijft en niet wordt opgevuld.

In de besteksfase dient beoordeeld te worden of het verwijderen van de betonblokken ten behoeve van het aanbrengen van de waterbouwasfaltbeton schade veroorzaakt aan het bovenliggende talud met basaltzuilen. Indien nodig dient een opsluiting van de basaltzuilen te worden gerealiseerd.

Ten behoeve de nieuw aan te brengen kreukelberm kan de vrijkomende (deels met beton gepenetreerde) breuksteen vanuit elders in de haven worden hergebruikt. De breuksteen dient alvorens deze wordt hergebruikt onderling van elkaar te worden gescheiden.

Ter hoogte van de aansluiting van de asfaltverharding op een bestaande, goedgetoetste bekleding van basaltzuilen, zal een deel van de goedgetoetste basaltzuilen moeten worden herzet. Alleen zuilen met een hoogte van minimaal 0,30m mogen worden herzet. Wanneer onvoldoende basaltzuilen aanwezig zijn, dienen deze vanaf elders te worden aangevoerd.

In de besteksfase dient ten behoeven van de kruinverhoging in deelgebied I en II te worden onderzocht of er alternatieven mogelijk zijn in constructiemethode, bijvoorbeeld een keermuur met een glazen wandconstructie of zitbank.

De asfaltpenetratie van de proefvakken dient te worden beoordeeld. Indien nodig dient de matig ingegoten bekleding te worden bijgevoerd met gietasfalt of

---

asfaltmastiek. Schade door vegetatie (riet) in de bekleding dient eveneens hersteld te worden.

## **7.2 Natuur**

Om vernietiging van nesten te voorkomen, moet voor aanvang van het broedseizoen (15 maart) de vegetatie op de zeewering kort gemaaid (duinvegetatie ter hoogte van Port Scaldis) en gehouden worden zodat het gebied ongeschikt wordt gemaakt als broedterritorium (eventuele broedvogels) of leefgebied (zoogdieren). Begrazing met schapen, zoals in de huidige situatie, voldoet echter ook.

Indien de begroeiing rondom de appartementen van Port Scaldis wordt verwijderd, dan moet dat gebeuren voor aanvang van het broedseizoen (15 maart), zodat vogels een ander territorium kunnen zoeken.

Indien de duinvegetatie ten oosten van de appartementen moet worden verwijderd, wordt aangeraden de konijnen holen in de winter voorafgaand aan de werkzaamheden uit te graven ter voorkoming dat de dieren gedood worden tijdens het werk. Er zijn voldoende uitwijkmogelijkheden ten oosten van Port Scaldis (met name binnendijks).

## **7.3 Archeologie en cultuurhistorie**

Ten aanzien van archeologie en cultuurhistorie zijn er geen bijzonderheden aanwezig.

## **7.4 Transportroutes en depotlocaties**

De beheerder heeft de transportroute en de depotlocatie vastgesteld. Deze is opgenomen in Figuur 14 van Bijlage 1.

Ter plaatse van dp654 en ter plaatse van de buitenzijde Oostelijke havendam is er mogelijkheid tot creëren van een loslocatie ten behoeve van aanvoer van breuksteen over het water.

Ter hoogte van dp647 en dp655+50m is er ruimte om een depot aan te leggen.

## **7.5 Recreatie**

Ter hoogte van dp655 is een strandje aanwezig. Deze komt in de nieuwe situatie ongewijzigd terug. Wel dient hierbij extra aandacht te worden besteed aan het vrij van puin opleveren van het voorland.

In deelgebied III dient de bestaande palenrij terug aangebracht te worden in de nieuw aan te brengen overlaging. In de besteksfase wordt beoordeeld of mogelijk biggenruggen of een hekwerk kunnen worden toegepast als begrenzing van tussen het haventerrein en het talud.

In het havengebied ligt een "looptlijn" bestaande uit stelconplaten met een profiel aan de bovenzijde. Gedeeltelijk worden deze platen tijdelijk weggehaald teneinde een nieuwe bekleding van waterbouwasfaltbeton aan te brengen. Nadien wordt de looptlijn weer in de oorspronkelijke situatie hersteld.



---

# Literatuur

---

- [1] Kwaliteitshandboek Project Zeeweringen, Digitale versie 2006
- [2] Handleiding Ontwerpen Dijkbekledingen, Technische werkwijze van het projectbureau Zeeweringen, Werkgroep Kennis, Versie 11, 19-12-2006, PZDT-R-04.066 ken
- [3] Visie Oosterschelde, Dienst Landelijk Gebied, Zeeland, 2002
- [4] Cultuurhistorie aan de Oosterscheldedijken, Stichting dorp, stad & land, februari 2008, PZDB-R-08064
- [5] Inventarisatie sterkte gezette taludbekledingen in Zeeland, Grondmechanica Delft, Delft, januari 1997, Kenmerk 362070/46
- [6] Leidraad toetsen op veiligheid, LTV, augustus 1999
- [7] De veiligheid van de primaire waterkeringen in Nederland, Voorschrift Toetsen op Veiligheid voor de tweede toetsronde 2001-2006 (VTV), januari 2004
- [8] Technisch Rapport Steenzettingen, TAW-rapport, december 2003, DWW-2003-097
- [9] Bedreiging van zeegras door dijkverbeteringen, Jentink, R., Meetinformatiedienst Zeeland, 18-11-2004, ZLMID-04.N.008 (interne notitie, concept)
- [10] Milieu-inventarisatie zeeweringen Westerschelde, Bouwdienst Rijkswaterstaat, Hoofdafdeling Waterbouw, M.E. van Boetzelaer en A.F.X. Bartels, 14 februari 2003, ZEEW-R-98018, versie 18 UPDATE Constructiealternatieven dijkbekleding t.b.v. Flora en wieren, Jentink, R., 19-02-2009
- [11] Memo update randvoorwaarden Breskens, P. van de Rest, Svasek Hydraulics, update 11-04-2011, 1587/U11072/C/PvdR
- [12] Controle toetsing Dijktraject Handelshaven - veerhaven Breskens, Steenepoorte, K., 17-mei-2004, PZDT-M-04128 en Actualisatie Toetsingen dijkvak Breskens-kom, Projectbureau Zeeweringen, E. Fiktorie, 11 april 2005, PZDT-M-05092inv
- [13] Vrijgave toetsing Handel- en Jachthaven Breskens, Projectbureau Zeeweringen, S. Vereeke, 13 juni 2005, PZDT-M-05189
- [14] Herziene toetsing bekleding Handel- en Jachthaven Breskens en proefvakken Elisabethpolder, dp649+20m – dp666+40m; Johanson, J.C.P., Projectbureau Zeeweringen; 20-jul-2011; PZDT-M-11208
- [15] Toestandinspectie Handelshaven Breskens Kadewanden, Rijkswaterstaat Zeeland, R. Hartmann en F. Ketelaar, 7 april 2010, RWSZL-2009-70295
- [16] Parameterwaarden voor toetsing en ontwerp, R. Bosters, Projectbureau Zeeweringen, jan 2009, PZDT-M-09014

- 
- [17] Overall veiligheidsfactor voor ontwerp van betonzuilen en gekantelde blokken, R. Bosters, Projectbureau Zeeweringen, jan 2009, PZDT-M-09015
  - [18] Ontwerp met overall veiligheidsfactor, R. Bosters, Projectbureau Zeeweringen, jan 2009, PZDT-M-09016
  - [19] Validatie Steentoets 2008, M. Klein Breteler, Delft Hydraulics, onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen, H4846, november 2008

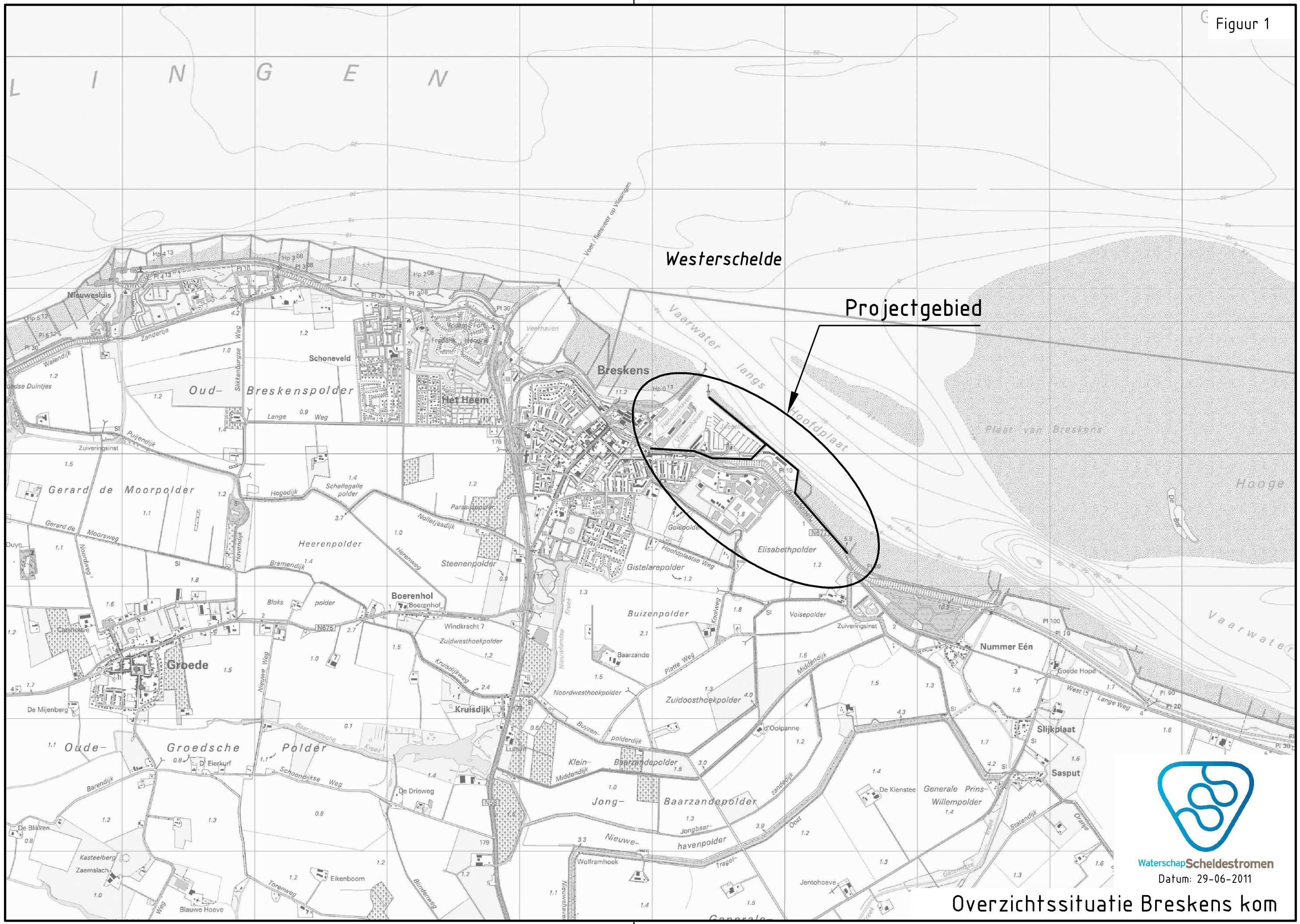
---

# Bijlage 1 Figuren

---

- Figuur 1: Overzichtssituatie
- Figuur 2: Projectgebied
- Figuur 3: Gloomingskaart huidige situatie
- Figuur 4: Gloomingskaart eindbeoordeling toetsing
- Figuur 5: Gloomingskaart nieuwe bekleding
- Figuur 6: Dwarsprofiel 1a Handelshaven Bovenbeloop dp666
- Figuur 7: Dwarsprofiel 1b Handelshaven Bovenbeloop dp664
- Figuur 8: Dwarsprofiel 2 Oude Jachthaven dp661+80m
- Figuur 9: Dwarsprofiel 3 Nieuwe Jachthaven dp659
- Figuur 10: Dwarsprofiel 4 Oostelijke Havendam dp658-300
- Figuur 11: Dwarsprofiel 5 Port Scaldis dp657
- Figuur 12: Dwarsprofiel 6a Verborgen Gloomings dp655+50m
- Figuur 13: Dwarsprofiel 6b Proefvakken Elisabethpolder dp652
- Figuur 14: Dwarsprofiel 6c Proefvakken Elisabethpolder dp650
- Figuur 15: Transportroute en depotlocatie

Figuur 1



Waterschap Scheldestromen  
Datum: 29-06-2011

Overzichtssituatie Breskens kom

Topografische ondergrond: (c) Topografische Dienst Kadaster Topografische ondergrond: (c) Regionaal samenwerkingsverband Zeeland GBKN

FILENAME: G:\TEKENING\ZEE\MEERENGEN\BRESKENS\KOM\ONTWERPNOTA-OVST-BRESKENS.KOMDING  
PLOT DATUM: 6/22/2011 2:54:34

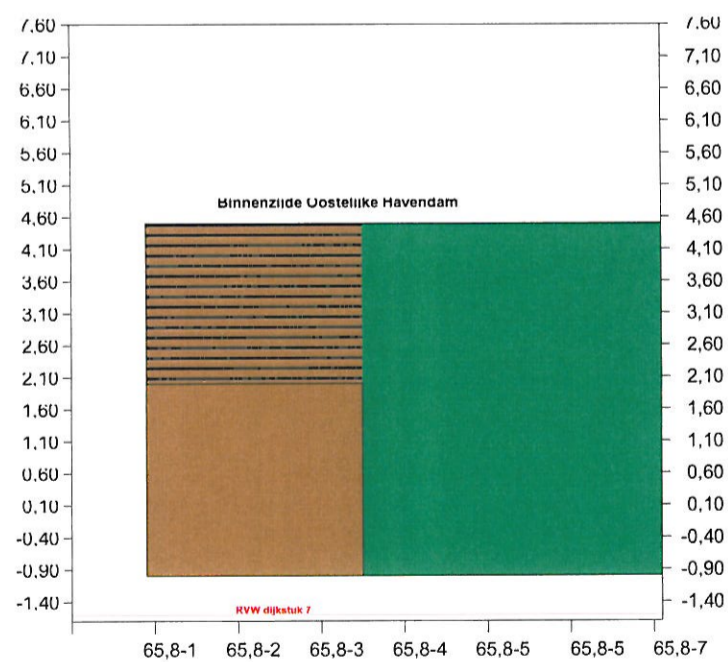
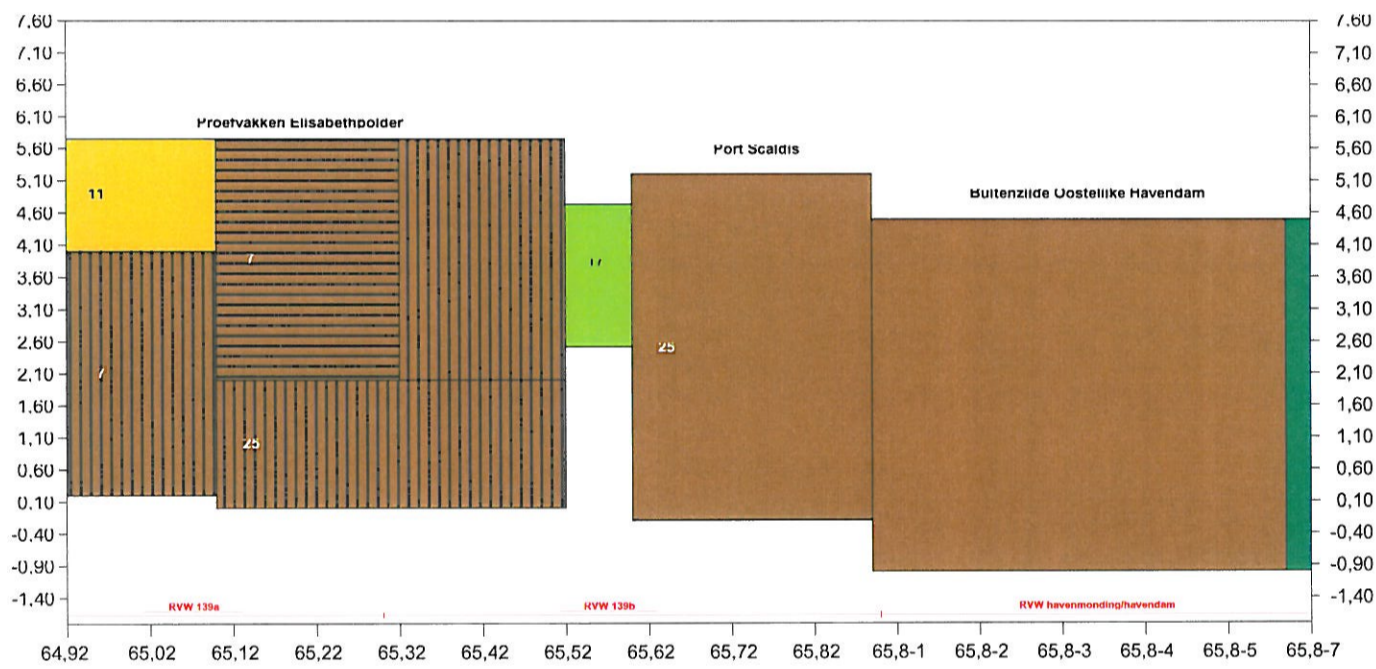
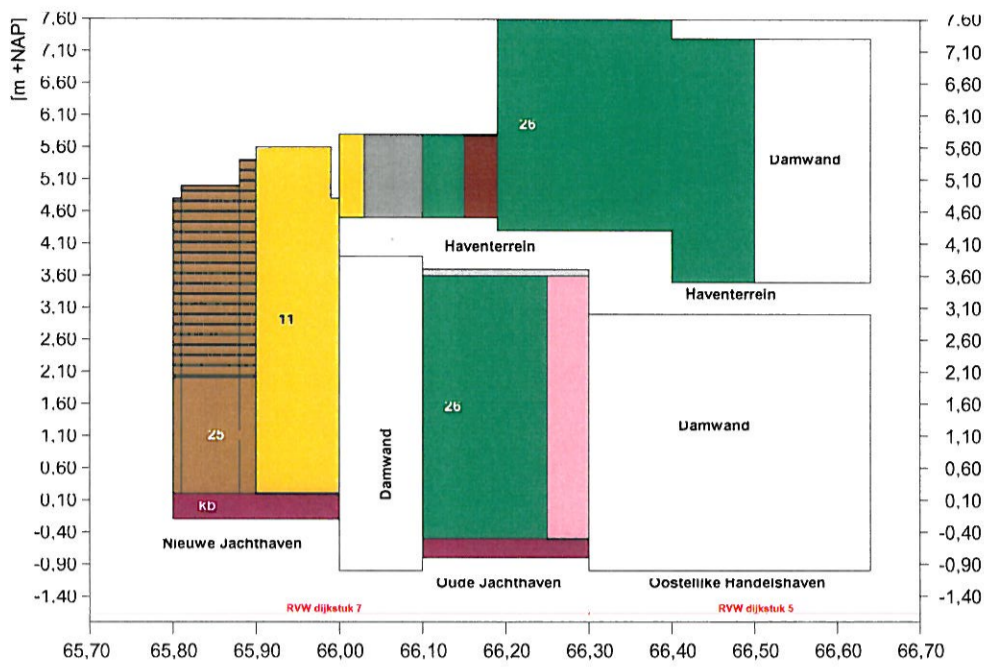


Topografische ondergrond: (c) Topografische Dienst Kadaster Topografische ondergrond: (c) Regionaal samenwerkingsverband Zeeland GBKN  
 Kadastrale ondergrond: (c) Kadaster, Middelburg



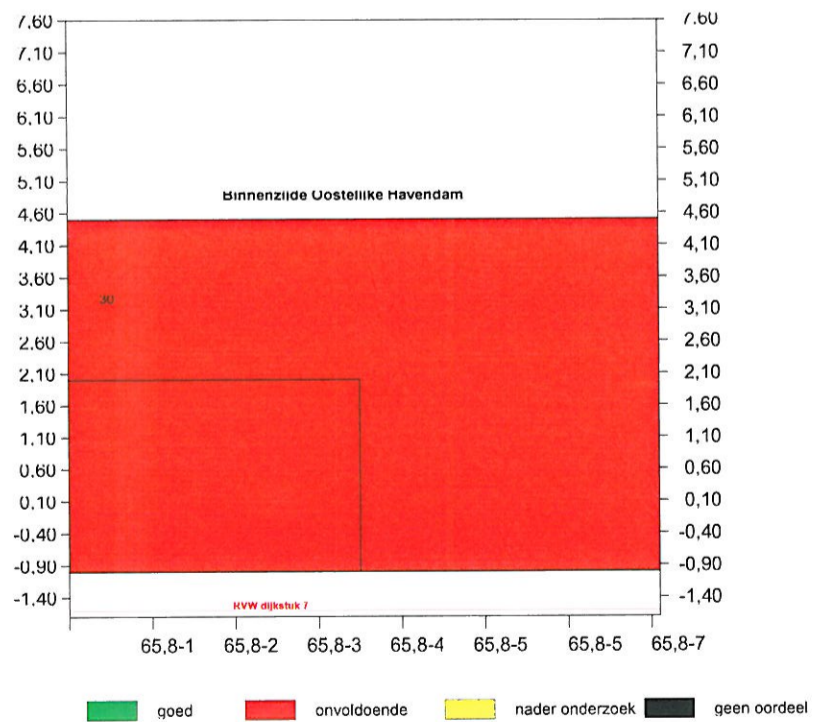
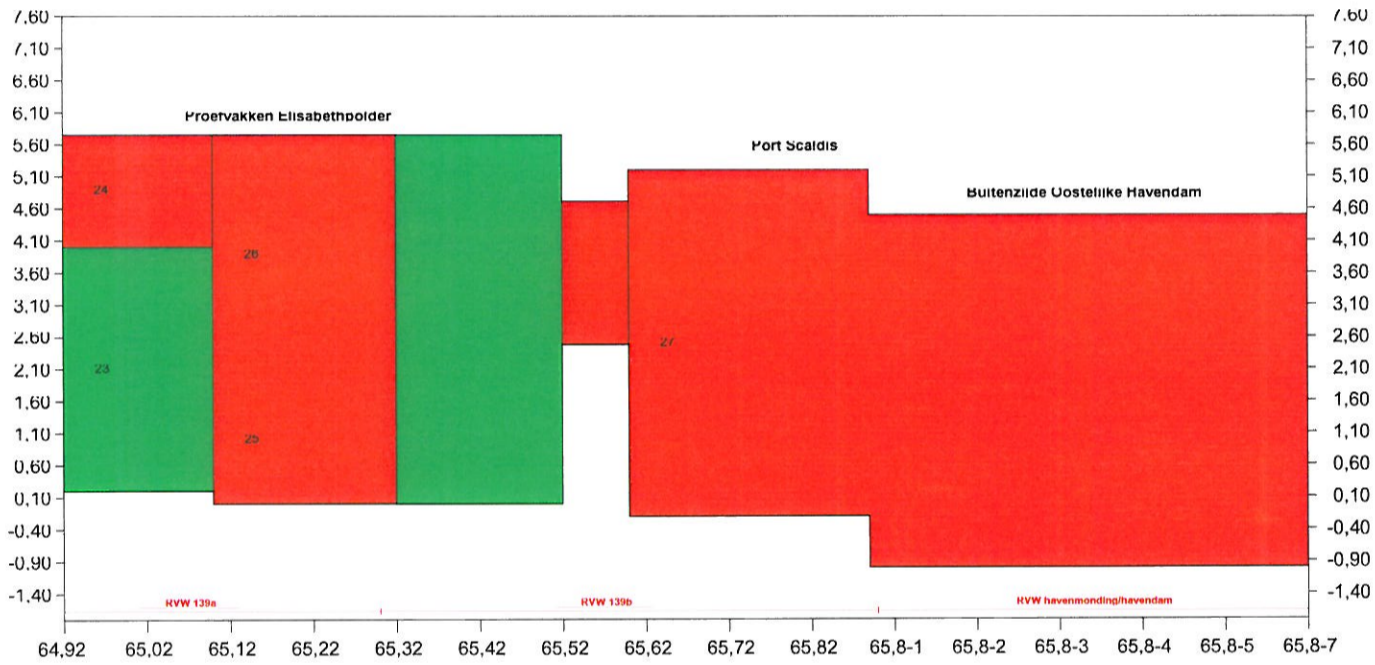
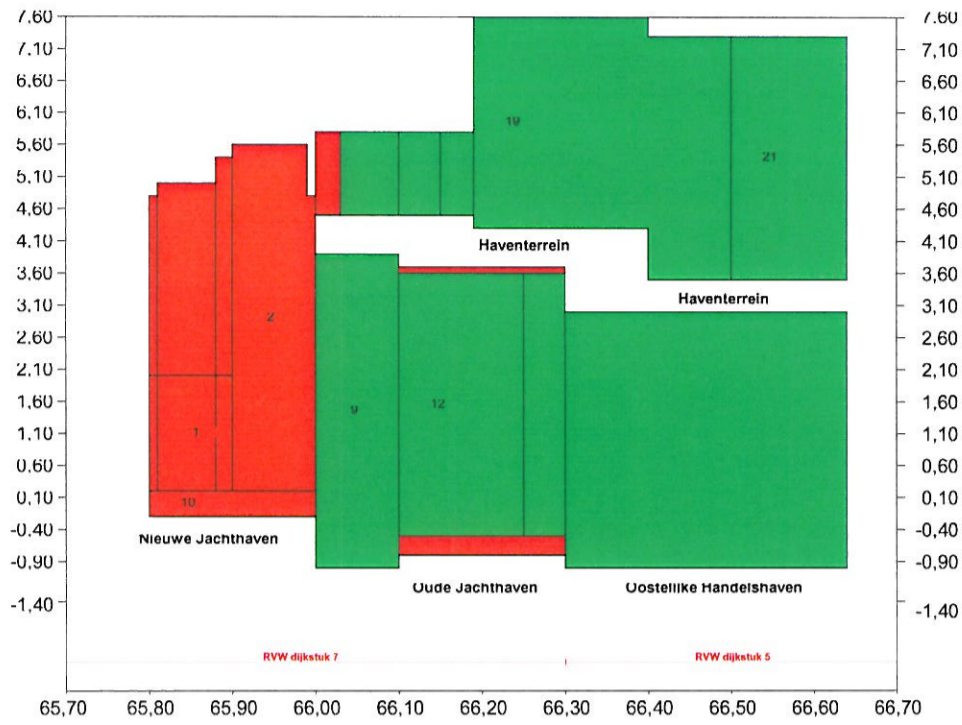
Projectgebied Breskens Kom

61 TERWIJNGE WERKEN/BREKENS KOM/ONTWERP/TA-PROJIEB-BREKENS KOM/NG

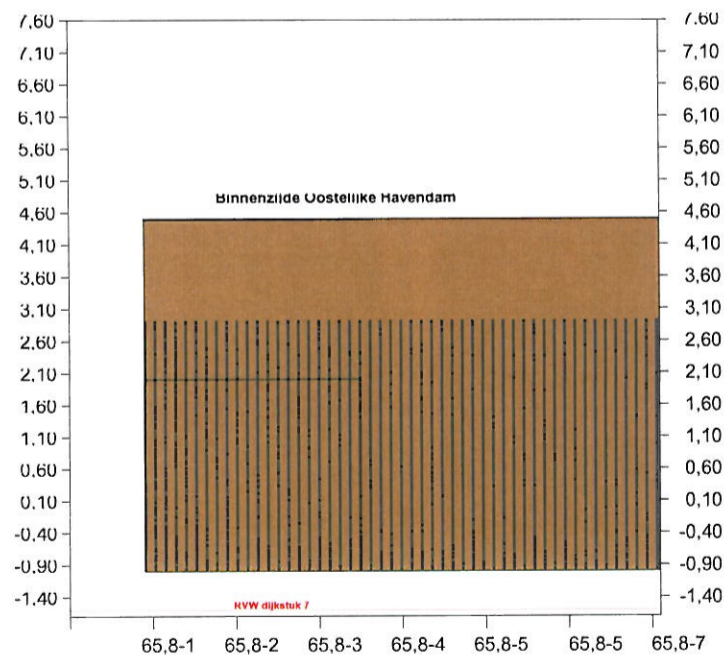
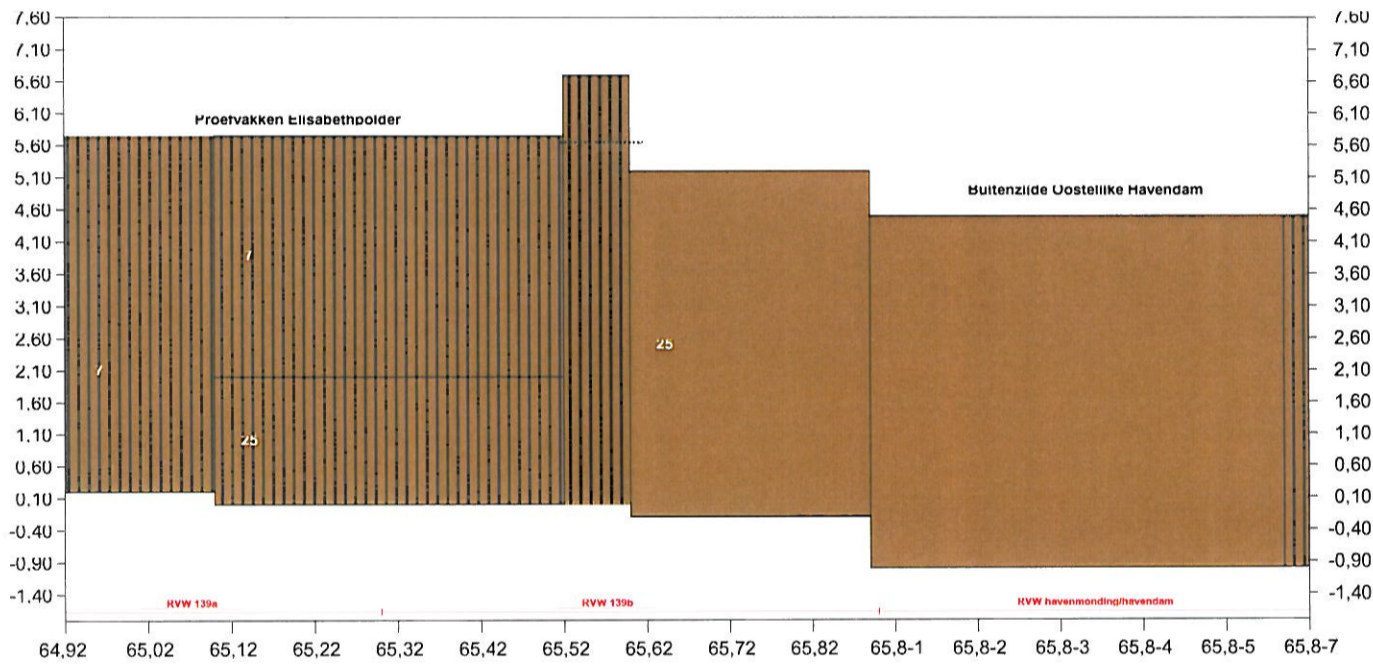
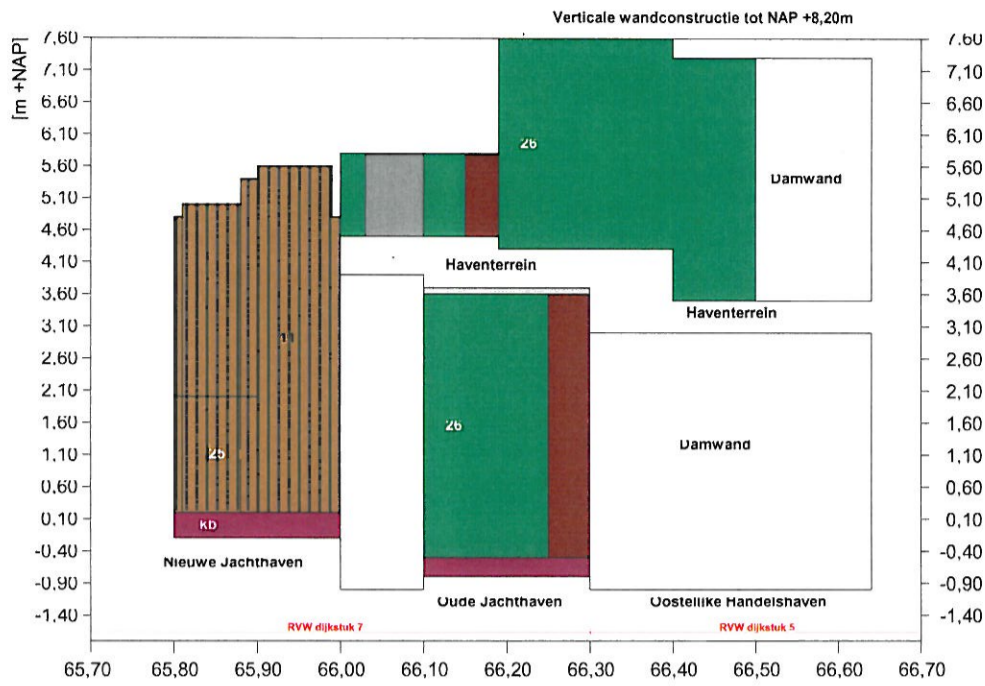


Legenda

1	asfalt	11.4/5	betonblokken gekanteld	28.4	petit graniet	14-15	plaatbekleding	—	kruinlijn
5/5.1	open steenasfalt, Fixstone	29	koperslakblokken	28.5	granietblokken	20/21	gras	—	betonpenetratie
27	betonzuilen	26	basalt	28	overige natuursteen	17	doorgroei stenen	—	asfaltpenetratie (vol en zat)
10/11	betonblokken	28.1	Vilvoordse	kb	kreukelberm	56	keermuur ed	—	asfaltpenetratie (patroon)
11.1	Haringmanblokken	28.2	Lessinische	7/9	gepenetreerde breuksteen	—	overige bekleding	—	asfaltpenetratie (Ecolaag)
11.2	diaboolblokken	28.3	Doornikse	25	breuksteen	—	slortsteenlijn	—	ecotoplaag



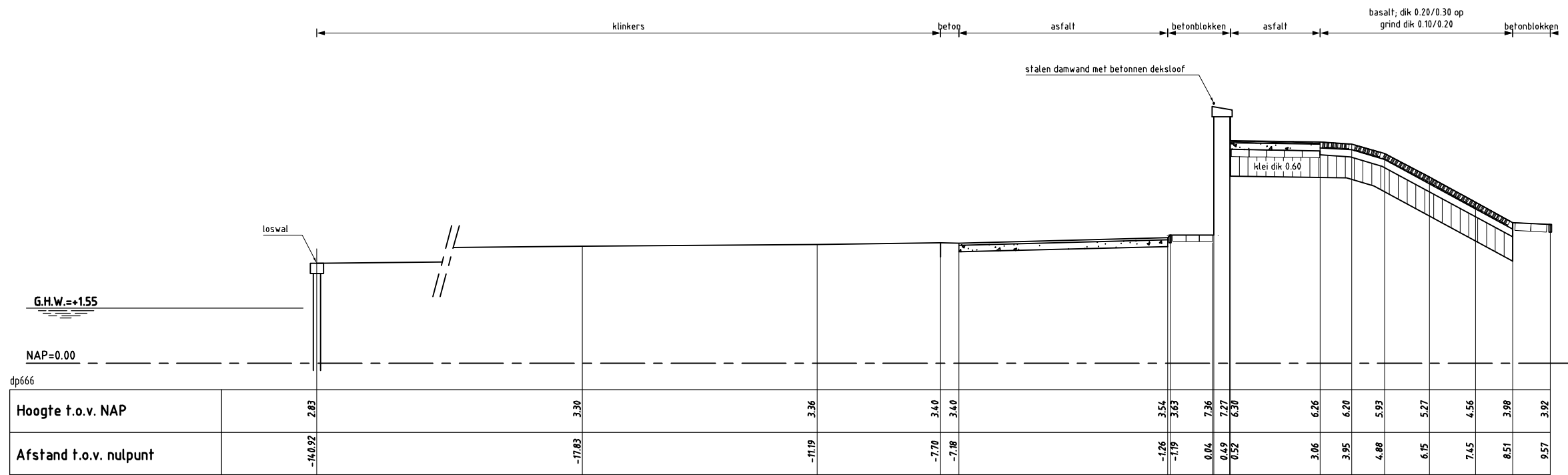
■ goed   
 ■ onvoldoende   
 ■ nader onderzoek   
 ■ geen oordeel



Legenda

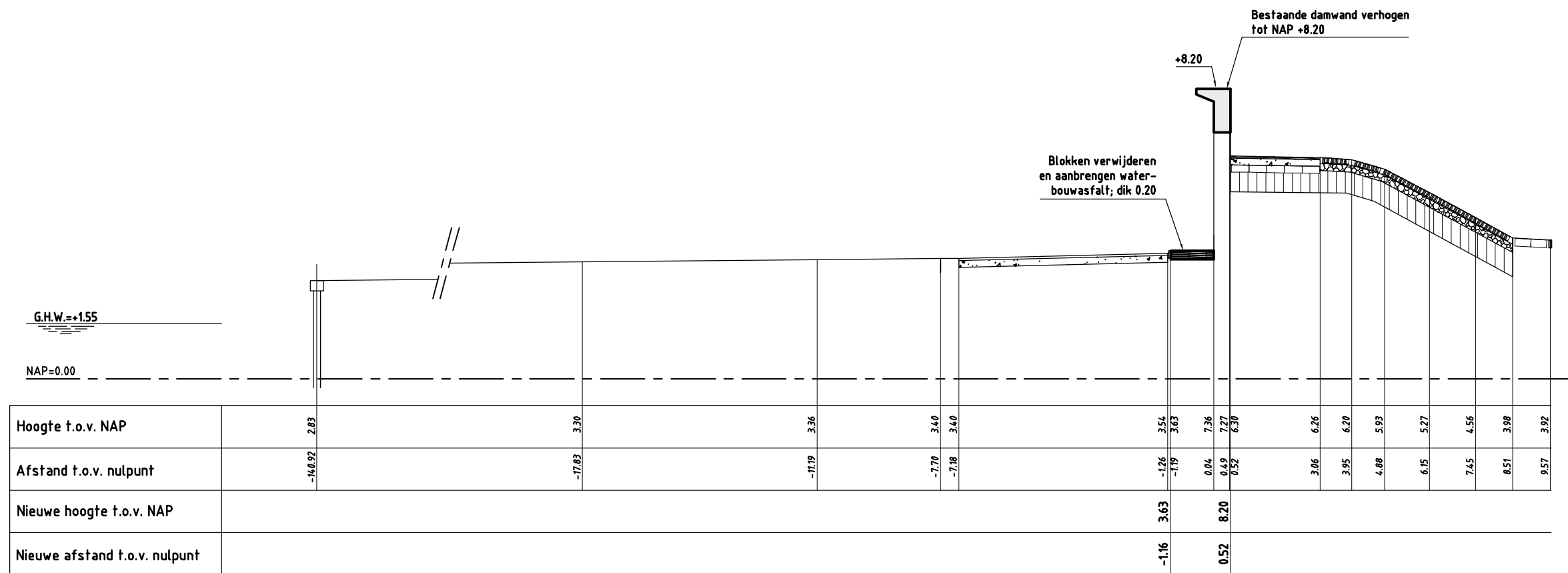
1	asfalt	11.4/5	betonblokken gekanteld	28.4	petit graniet	14.15	plaatbekleding	—	kruinlijn
5/5,1	open steenasfalt, Fixstone	29	koperstakblokken	28.5	granietblokken	20/21	gras	—	betonpenetratie
27	betonzuilen	28	basalt	28	overige natuursteen	17	doorgroei stenen	—	asfaltpenetratie (vol en zat)
10/11	betonblokken	28.1	Vilvoordse	kb	keruikelbier	56	keermuur ed	—	asfaltpenetratie (patroon)
11,1	Haringmanblokken	28,2	Lessinische	79	gepenetreeerde breuksteen	—	overige bekleding	—	asfaltpenetratie (Ecolaag)
11.2	diaboolblokken	28.3	Doornikse	25	breuksteen	—	stortsteenlijn	—	ecotoplaag



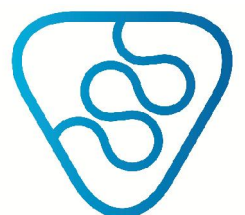


**DWARSPROFIEL 1a bestaand**

schaal 1:100



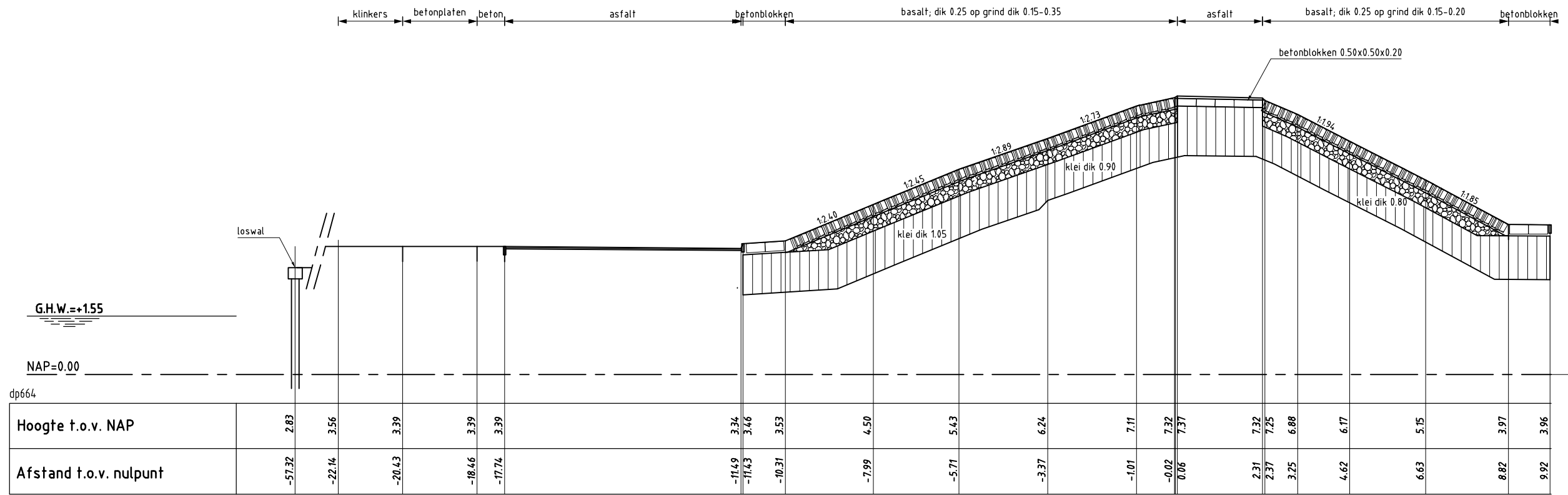
**DWARSPROFIEL 1a nieuw**



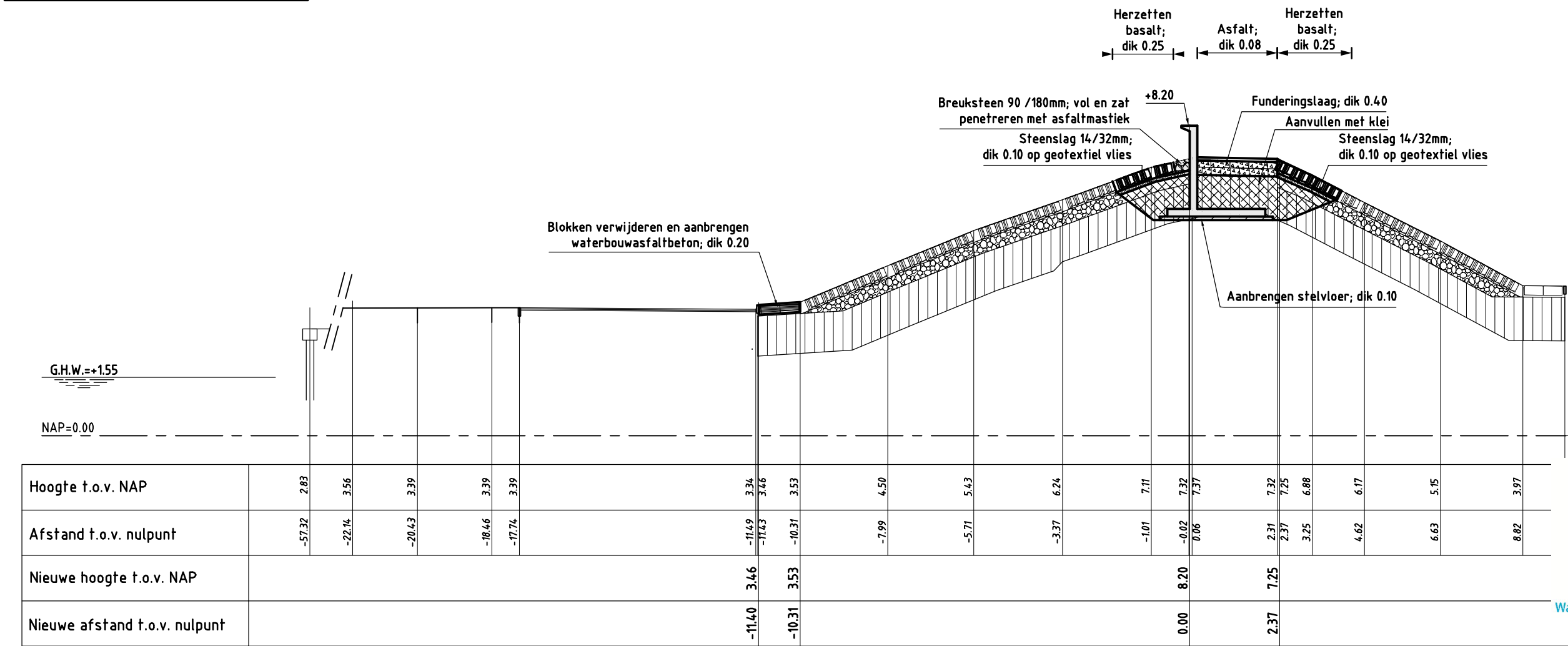
Waterschap Scheldestromen

Datum: 29-06-2011

Breskens Kom



DWARSPROFIEL 1b bestaand



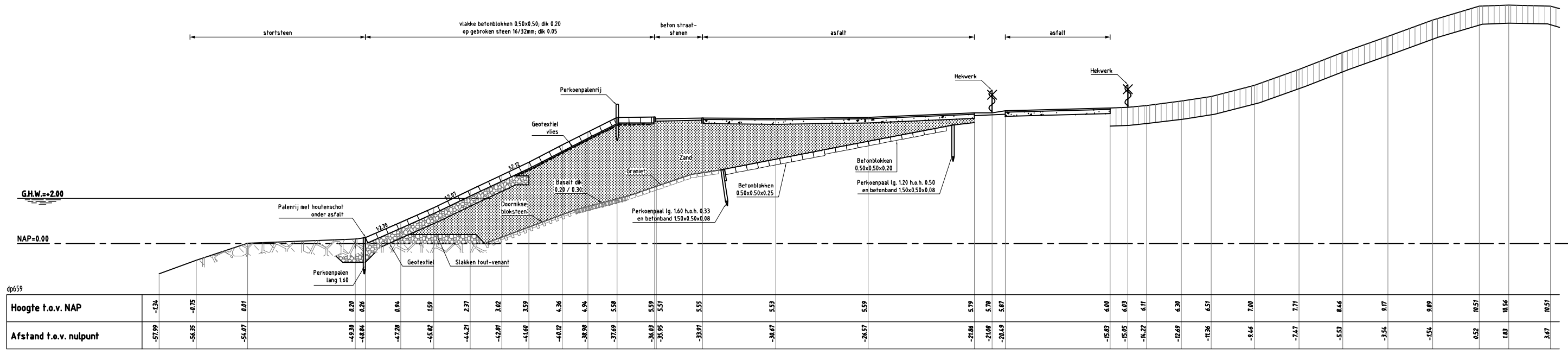
DWARSPROFIEL 1b nieuw



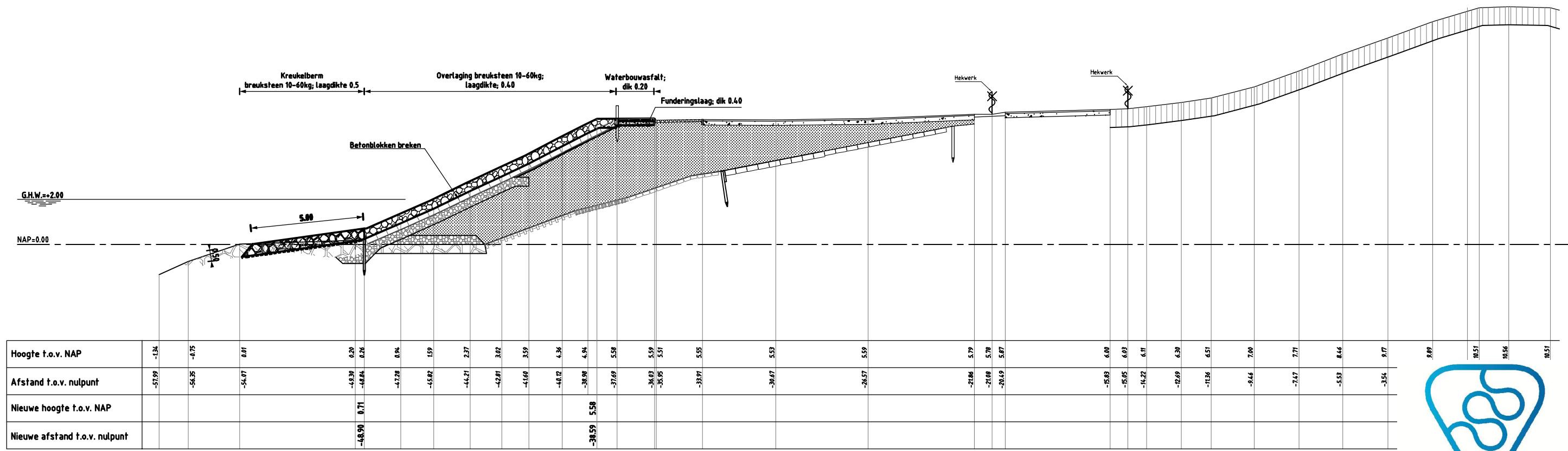
Waterschap Scheldestromen  
Datum: 29-06-2011

Breskens Kom





**DWARSPROFIEL 3 bestand**



**DWARSPROFIEL 3 nieuw**



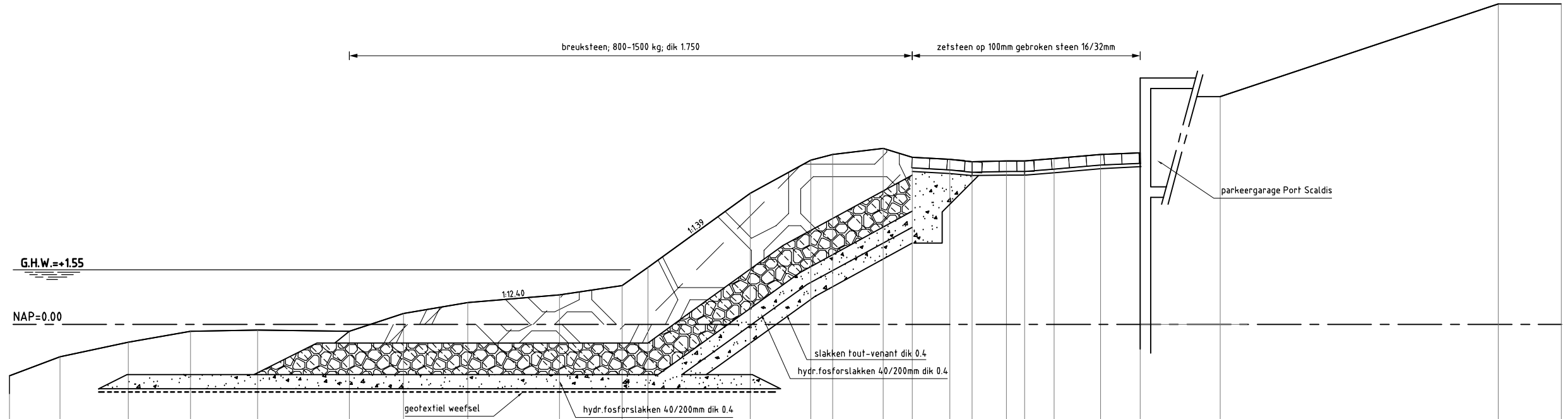
Waterschap Scheldestromen

Datum: 29-06-2011

Breskens Kom



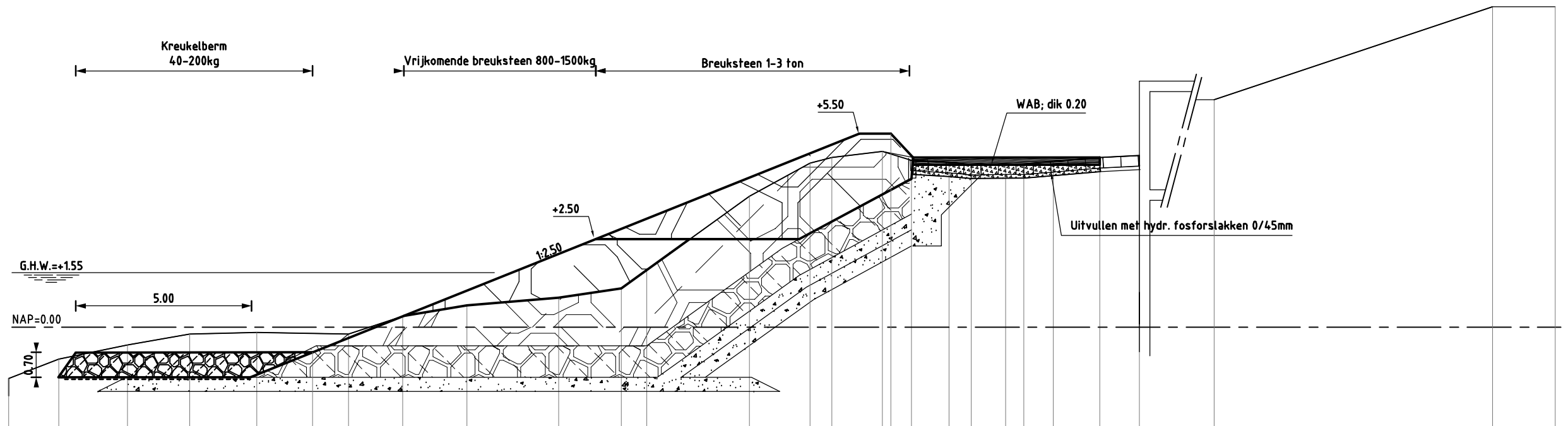
Figuur 11



dp657

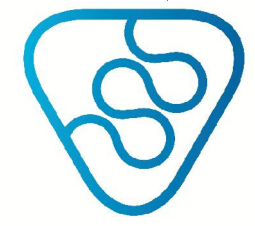
Hoogte t.o.v. NAP	-1.46	-0.92	-0.51	-0.20	-0.16	-0.20	0.31	0.62	0.83	1.10	1.62	3.72	4.66	4.83	5.00	4.74	4.69	4.63	4.64	4.64	4.71	4.82	7.00	6.47	9.11	9.16
Afstand t.o.v. nulpunt	0.00	1.43	3.38	5.15	7.06	9.67	11.21	13.04	15.65	17.43	18.16	21.07	22.80	23.43	24.87	25.69	26.76	27.39	28.37	28.89	29.73	31.04	32.18	151.78	171.73	163.93

**DWARSPROFIEL 5 bestand**



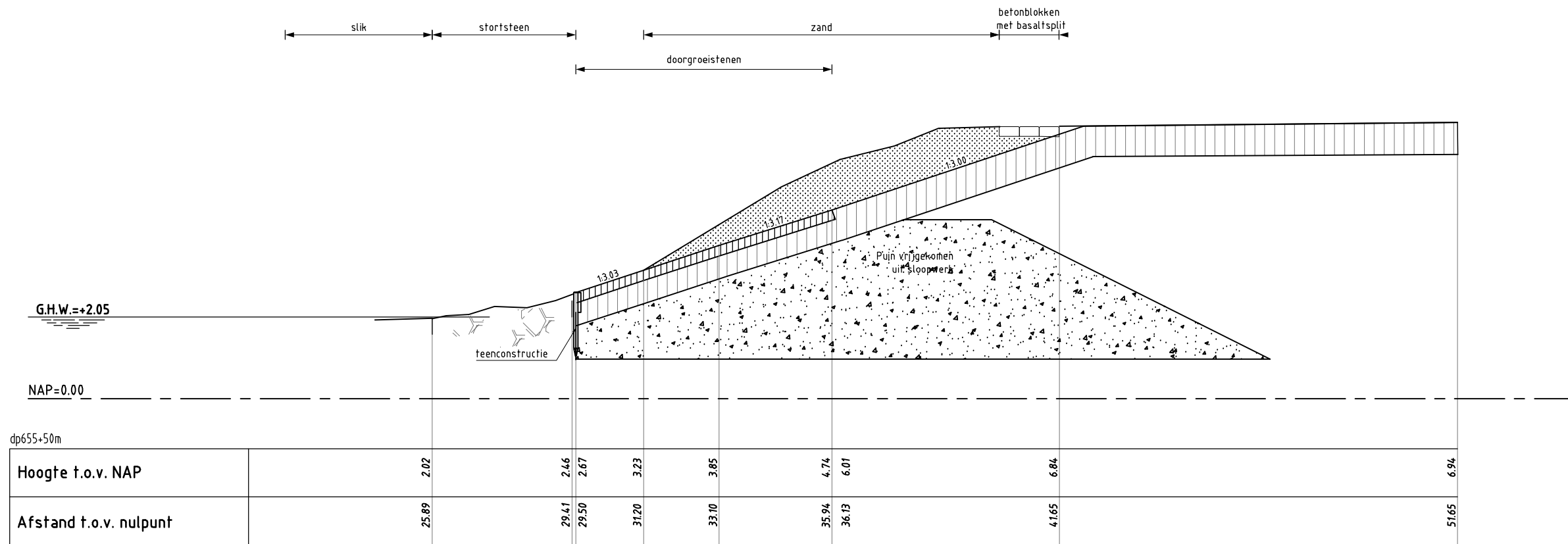
Hoogte t.o.v. NAP	-1.46	-0.92	-0.51	-0.20	-0.16	-0.20	0.31	0.62	0.83	1.10	1.62	3.72	4.66	4.83	5.00	4.74	4.69	4.63	4.64	4.64	4.71	4.82	7.00	6.47	
Afstand t.o.v. nulpunt	0.00	1.43	3.38	5.15	7.06	9.67	11.21	13.04	15.65	17.43	18.16	21.07	22.80	23.43	24.87	25.69	26.76	27.39	28.37	28.89	29.73	31.04	32.18	151.78	
Nieuwe hoogte t.o.v. NAP																									
Nieuwe afstand t.o.v. nulpunt						8.65										25.11									

**DWARSPROFIEL 5 nieuw**

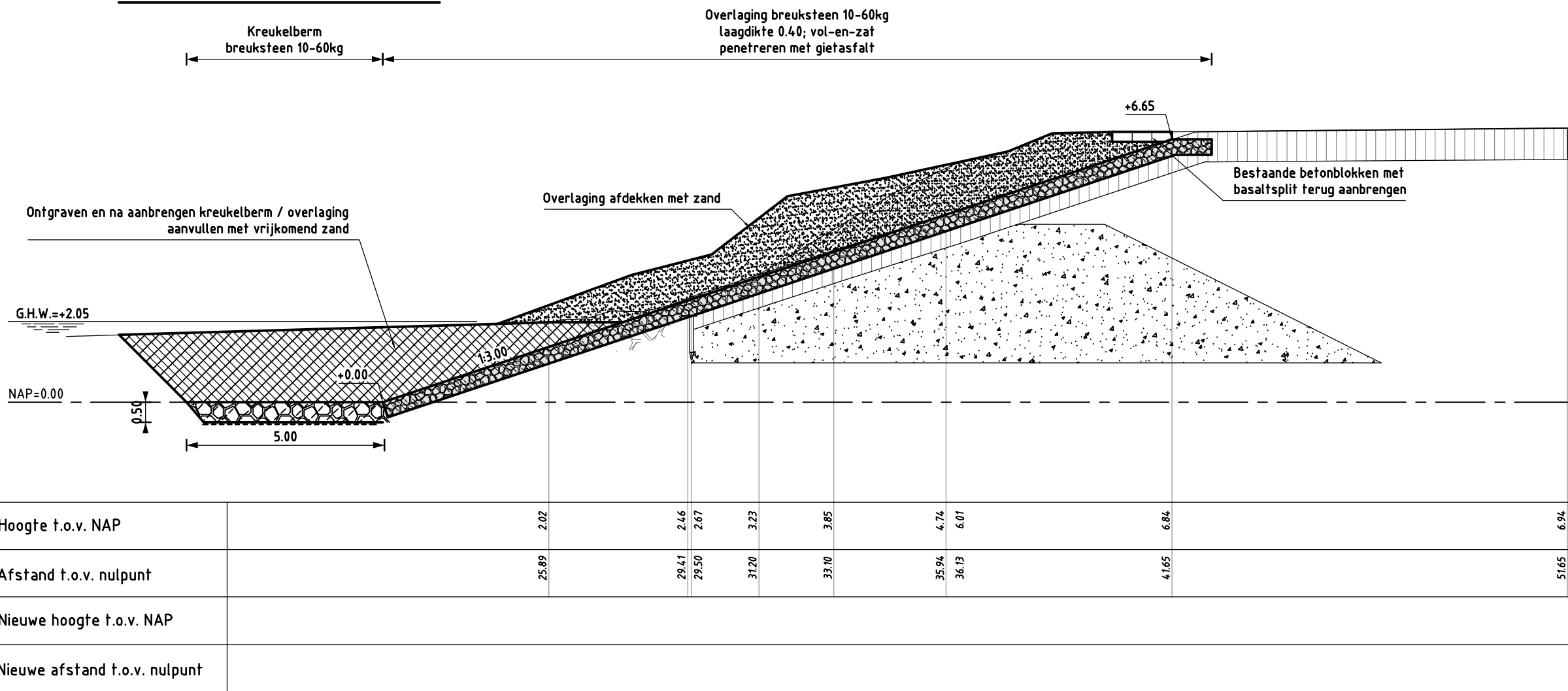


Waterschap Scheldestromen  
Datum: 29-06-2011

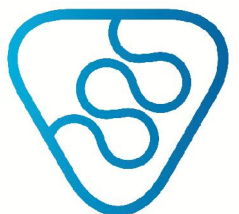
Breskens Kom



**DWARSPROFIEL 6a bestaand**



**DWARSPROFIEL 6a nieuw**

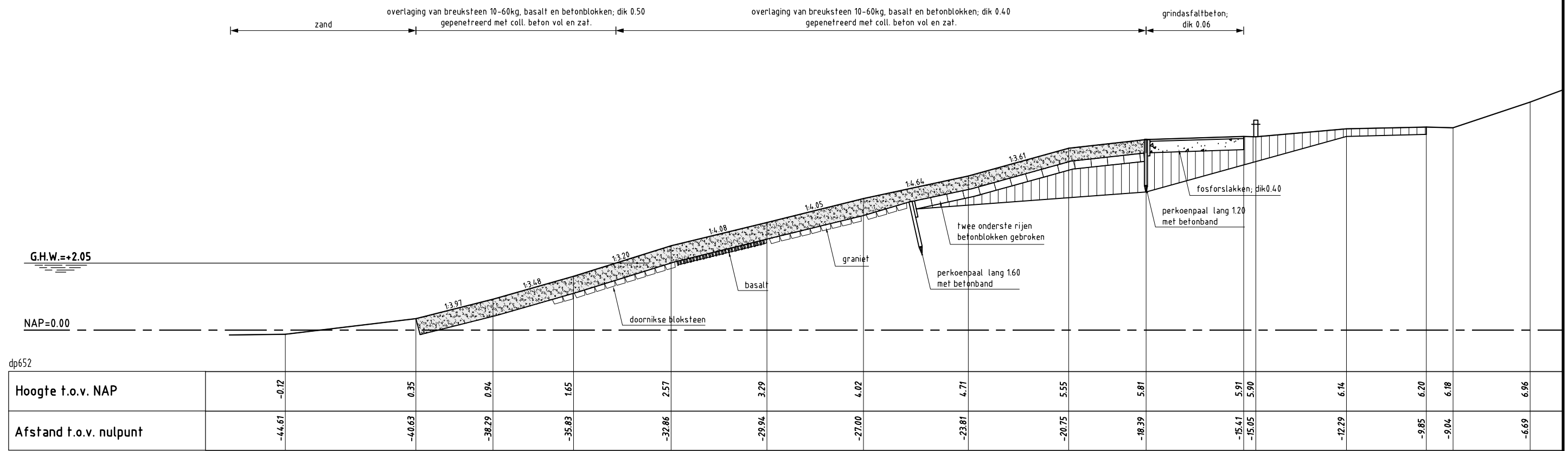


Waterschap Scheldestromen

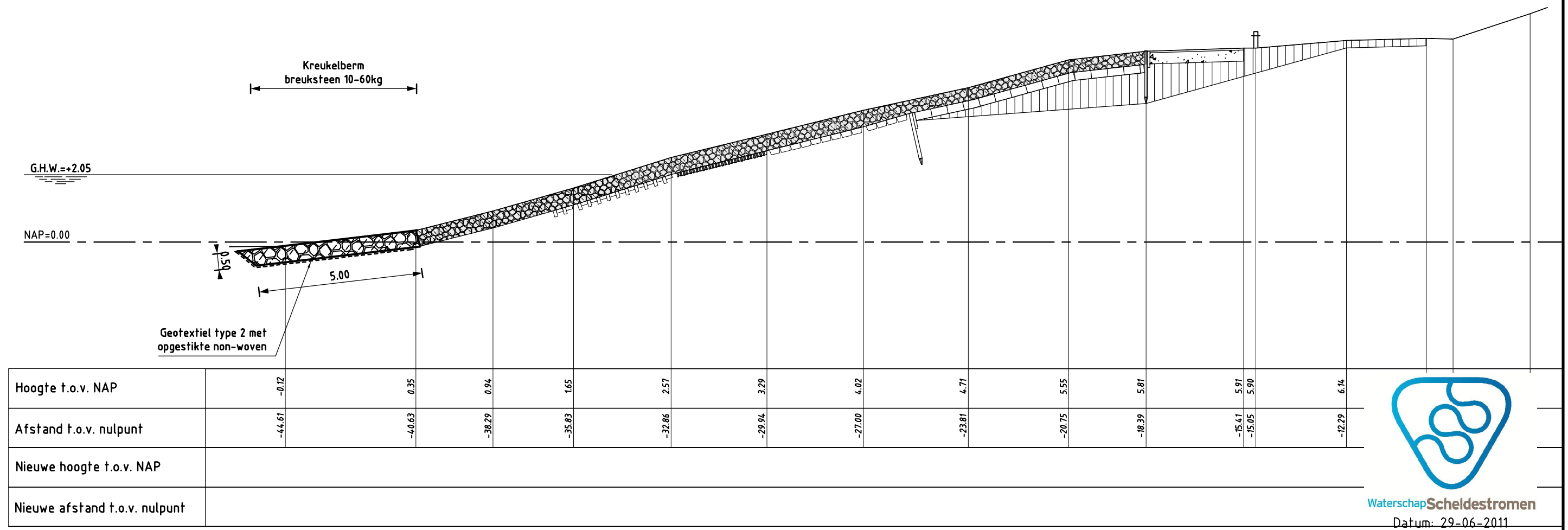
Datum: 29-06-2011

Bresekens Kom

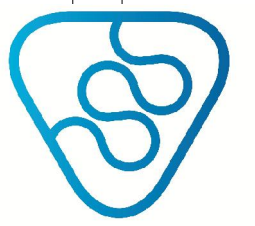
Figuur 13



**DWARSPROFIEL 6b bestaand**



**DWARSPROFIEL 6b nieuw**

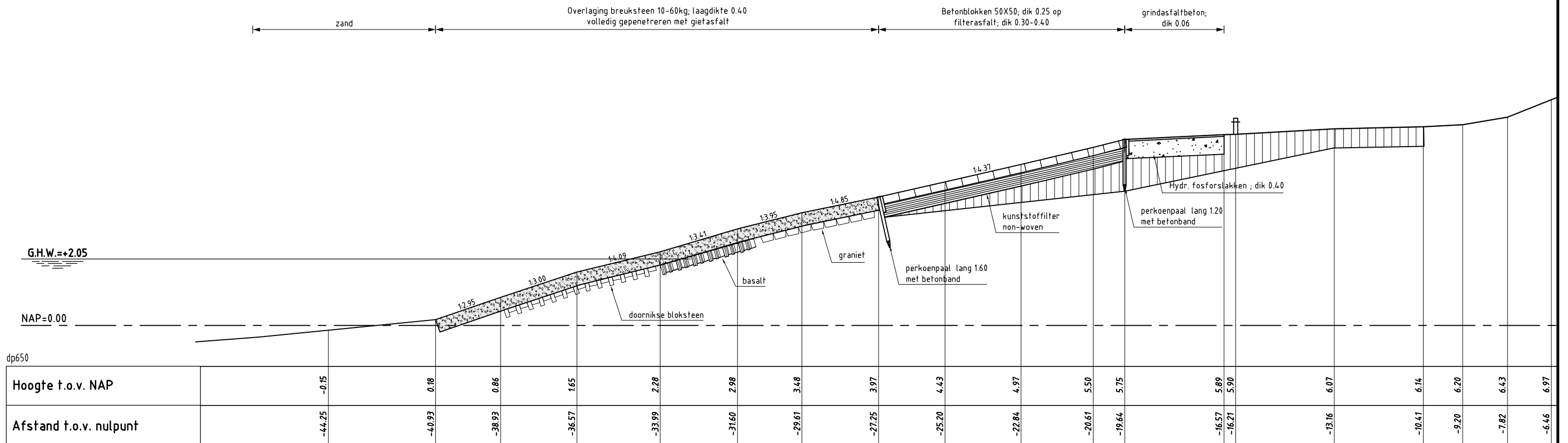


Waterschap Scheldestromen  
Datum: 29-06-2011

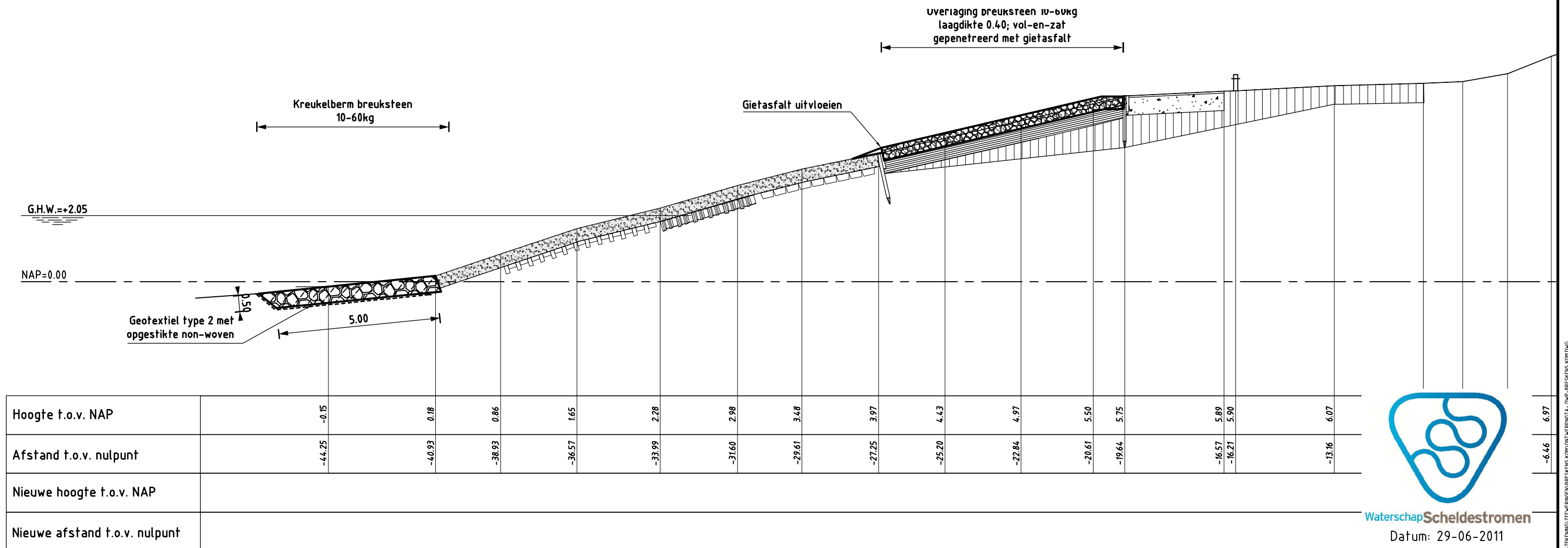
Breskens Kom



Figuur 14



DWARSPROFIEL 6c bestaand

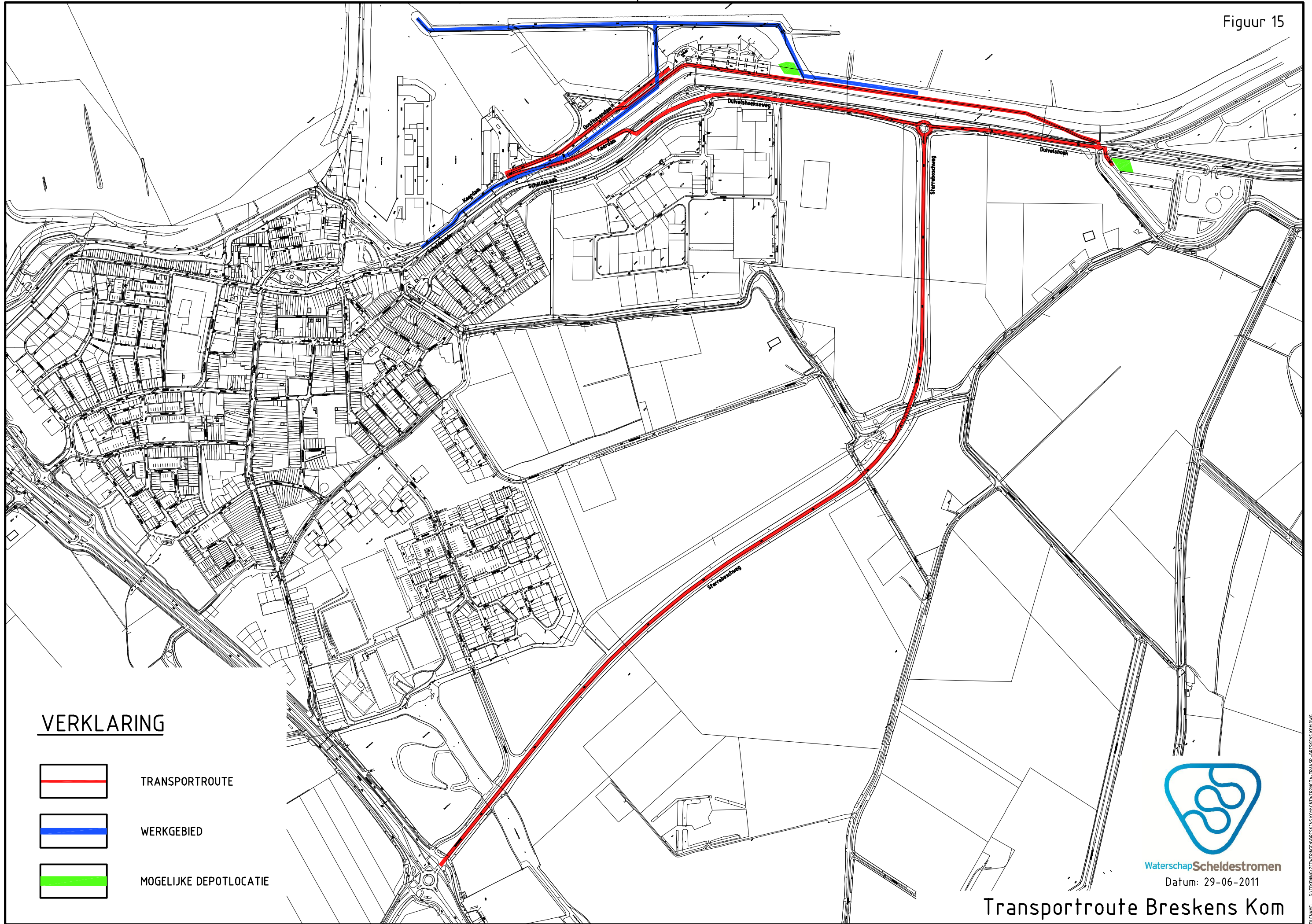


DWARSPROFIEL 6c nieuw






Waterschap Scheldestromen  
Datum: 29-06-2011

Breskens Kom



**VERKLARING**

-  TRANSPORTROUTE
-  WERKGEBIED
-  MOGELIJKE DEPOTLOCATIE



Waterschap Scheldestromen  
Datum: 29-06-2011

Transportroute Breskens Kom

---

## Bijlage 2 Detailadviezen

---

Bijlage 2.1: Detailadvies hydraulische randvoorwaarden

## MEMO Update randvoorwaarden Breskens

Aan	:	[REDACTED]	(PBZ)
Van	:	[REDACTED] Svašek Hydraulics)	
Tweede lezer	:	[REDACTED] (Svašek Hydraulics)	
Datum	:	11 april 2011	
ref	:	1587/U11072/C/PvdR	
betreft	:	Update randvoorwaarden Breskens	
status	:	Definitief	

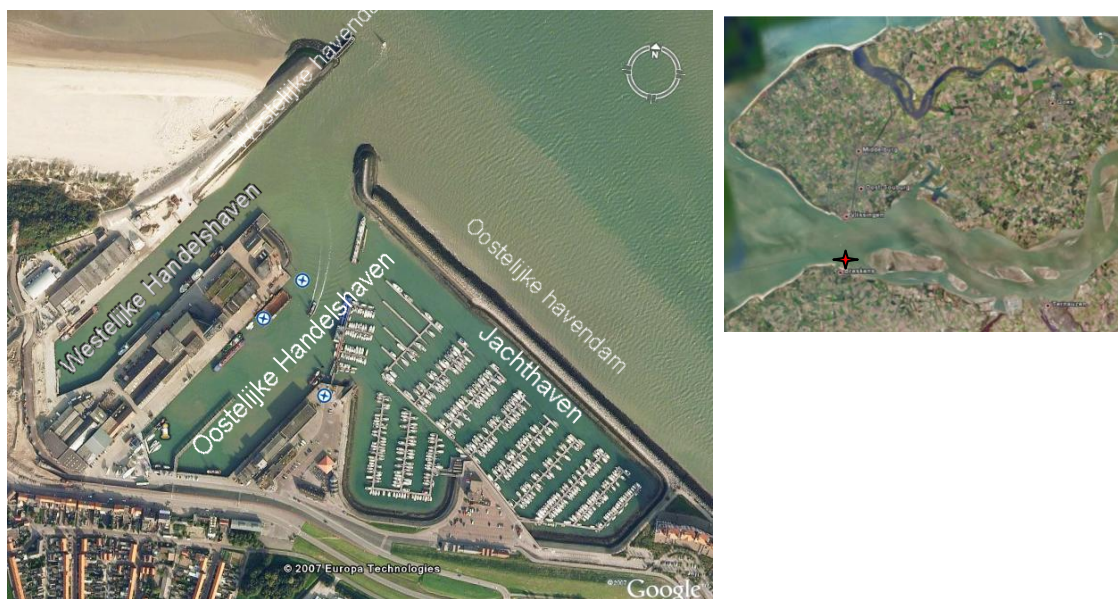
**Let op: Deze memo is een update van het advies 'Extra randvoorwaarden haven Breskens' [ref. 1]. De in dit advies afgegeven waarden vervangen de golfcondities uit het voorgaande advies [ref. 1].**

### 1 Aanleiding

Projectbureau Zeeweringen is momenteel bezig met het ontwerp van de dijkverbetering bij de Handelshaven en Jachthaven van Breskens. De Handelshaven bestaat uit een Westhaven en Oosthaven. De Jachthaven ligt ten oosten van de Handelshaven, zie Figuur 1. De haven wordt beschermd door twee havendammen. In het verleden zijn een aantal studies uitgevoerd naar de golfcondities in deze havens, waarbij de meest recente studie t.b.v. PBZ is "Extra randvoorwaarden haven Breskens" [ref. 1]. De verscheidene studies geven geen eenduidig beeld. Daarnaast zijn in het kader van het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen recentelijk nieuwe formules ontwikkeld voor het toetsen en ontwerpen van steenzettingen [ref. 2]. Met deze nieuwe ontwerpformules zijn nieuwe belastingfuncties bepaald [ref. 3], waarmee vanaf september 2010 de maatgevende golfcondities worden bepaald. Eveneens zijn recent aangescherpte correctiefactoren bepaald [ref. 4], welke dienen ter compensatie van de door SWAN gemaakte fout.

#### Doelstelling van deze memo is:

Het bepalen van eenduidige randvoorwaarden in de Handelshaven en Jachthaven van Breskens met behulp van de spreadsheet "Rekeninstrument - Golfbelasting in Havens - v2-0.xls", op basis van de recente kennis [ref. 3 en 4], welke kennis ook wordt toegepast bij de advisering van de overig dijktrajecten van PBZ. Omdat het ontwerp van de oostelijke havendam nog niet geheel vaststaat wordt onderscheid gemaakt tussen een viertal situaties (zie tabel 2). Daarnaast zijn golfcondities gevraagd voor de oostelijke gelegen aanliggende dijkgedeeltes.



**Figuur 1: Situatie Handelshaven en Jachthaven Breskens (Bron: Google Earth)**



## 2 Waterstanden en ontwerppeil

Het ontwerppeil voor het einde van de planperiode (2060) wordt bepaald door bij Basispeil 1985 de hoogwaterstijging binnen de planperiode op te tellen. Het Basispeil 1985 is NAP+5,2 m en de hoogwaterstijging bedraagt 0,55 m<sup>1</sup> [ref.7]. Het hieruit volgende Ontwerppeil (2060) komt daarmee op NAP+5,75m.

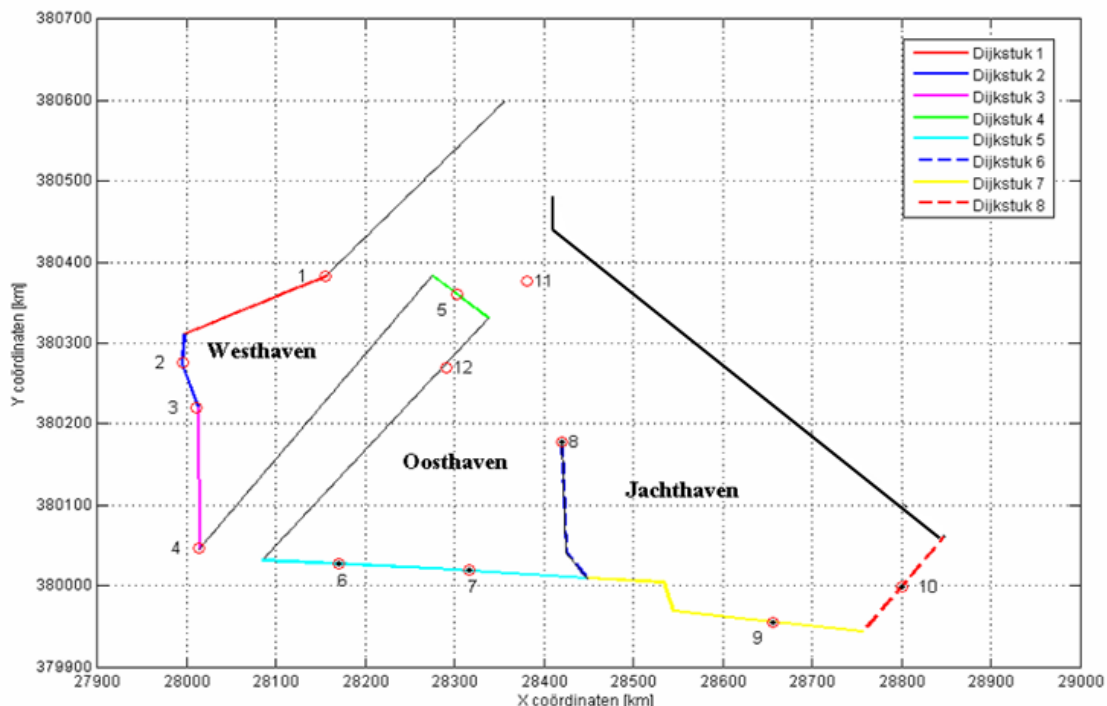
Voor de dagelijkse omstandigheden kunnen de waarden uit tabel 1 worden gehanteerd [ref 8]. Deze zijn gebaseerd op de getij-informatie (slotgemiddelde 1991) bij Vlissingen. Hierin is geen zeespiegelstijging en/of hoogwaterstijging verdisconteerd, omdat deze zijn bedoeld voor de uitvoering van het werk.

	Hoog water	Laag water	Getijslag
Gemiddeld tij	NAP +2,05 m	NAP -1,81 m	3,86 m
Springtij	NAP +2,43 m	NAP -2,04 m	4,47 m
Doodtij	NAP +1,55 m	NAP -1,47 m	3.02 m

Tabel 1: Waterstanden dagelijkse omstandigheden

## 3 Schematisatie

De Oost-, West- en Jachthaven zijn geschematiseerd als een haven met twee havendammen. Daarbij zijn zowel de waterkering als de havendammen geschematiseerd met rechte lijnstukken. Er is onderscheid gemaakt tussen een 8-tal dijkstukken (zie Figuur 2). In deze memo zijn echter alleen de golfcondities van de dijkstukken 3, 5, en 7 verwerkt. De dijkstukken 5 en 7 betreffen de locaties van de dijkverbetering binnen het project Zeeweringen, dijkstuk 3 betreft het reeds verbeterde traject van de zeewering. De schematisatie is weergegeven in figuur 2.



Figuur 2: Schematisatie Handelshaven en Jachthaven Breskens

<sup>1</sup> Uitgegaan wordt van een zeespiegelstijging van 0,60 m/eeuw, vermeerderd met 0,10 m voor alle locaties ter hoogte van de lijn Vlissingen – Breskens. De hoogwaterstijging komt hiermee uit op 0,70 m/eeuw, wat overeenkomt met ca. 0,55 m (naar boven afgerond op 5 cm) binnen de periode 1985-2060. Het Toetspeil uit de HR 2006 [ref. 6] betreft NAP+5,3 m

Er wordt vanuit gegaan dat zowel de westelijke als de oostelijke dam bestand zijn (of worden gemaakt) tegen de 1/4000 jaar stormcondities. Volgens PBZ is de westelijke dam al bestand tegen maatgevende stormcondities, maar de oostelijke dam moet versterkt worden. Voor de bijdrage van transmissie aan de golfcondities ter plaatse van de uitvoerpunten zijn de dammen op onderstaande wijze geschematiseerd.

Westelijke havendam:

De kruin van de westelijke havendam ligt op een hoogte van NAP+ 7,50 m. Bij de berekening van de bijdrage van transmissie aan de golfcondities ter plaatse van de uitvoerpunten, is de dam beschouwd als een gladde dichte dam met een flauw talud (1:3.1). De bijbehorende coëfficiënten zijn:  $\alpha = 2,4$  en  $\beta = 0,4$  (Goda-formulering, zie ook ref. 5)

Oostelijke havendam:

Het ontwerp van de oostelijke dam staat nog niet geheel vast. Daarom wordt transmissie over de dam (en de golfcondities ter plaatse van de uitvoerpunten en dijkstukken) berekend voor een aantal situaties, namelijk:

Situatie	Kruinhoogte	Type dam	Coëfficiënten voor bepaling transmissie	
			$\alpha$	$\beta$
1	NAP+4,5 m	golfbrekerachtige dam met een steil talud (helling 1:1.5)	2,6	0,15
2	NAP+4,5 m	dam met een dichte kern en een toplaag van losse breuksteen (helling 1:1.5)	1,8	0,25
3	NAP+5,5 m	golfbrekerachtige dam met een steil talud (helling 1:1.5)	2,6	0,15
4	NAP+5,5 m	dam met een dichte kern en een toplaag van losse breuksteen (helling 1:1.5)	1,8	0,25

Tabel 2: Beschouwde situaties oostelijke dam met bijbehorende coëfficiënten voor bepaling transmissie [ref. 5]

Onder een golfbrekerachtige dam met een steil talud (helling 1:1.5) wordt een dam verstaan, welke geheel bestaat uit losse breuksteen elementen. De bijbehorende coëfficiënten volgen uit de Goda-formulering, zoals beschreven in de handleiding [ref. 5]. In de handleiding zijn daarnaast coëfficiënten gegeven voor gladde dichte flauwe dammen met en zonder kraagstuk van losse breuksteen. De nieuwe dam wordt mogelijk een dichte dam met een soort van kraagstuk (ondoorlatende kern met een toplaag van losse breuksteen). Echter zal deze geen flauw talud (1:3-1:5), maar een steiler talud krijgen. Gebruik van de coëfficiënten uit de handleiding zou een onderschatting geven van de hoeveelheid transmissie over de dam. Daarom zijn andere waarden voor de coëfficiënten gebuikt volgende uit onderzoek over de Noorderdam [ref. 11]. Een dam met een ondoorlatende kern afgedekt met losse breuksteen geeft (indien de kruin van de dam zich niet ver onder de waterspiegel bevindt) minder transmissie dan een dam die geheel bestaat uit losse breuksteen en resulteert daardoor in lagere golfcondities in de haven.

Kade tussen Oosthaven en Westhaven:

De kade aan de westzijde van de Oosthaven ligt op NAP +2.75m en is geheel bedekt met gebouwen. Deze gebouwen worden onder toetsomstandigheden echter als 'verloren' beschouwd. Er wordt dan ook geen reductie aan deze bebouwing toegekend. De kade is niet ontworpen op 1/4000<sup>ste</sup> golfcondities. Vanwege de grootte breedte van de kade, de bebouwing op de kade, de bekleding op deze kade en de omvang van het zandlichaam is er vanuit gegaan dat ook indien er een deel van de kade wegslaat er een reducerend effect van deze kade blijft bestaan. Daarom is reductie van de kade wel meegenomen in de berekeningen, door middel van de transmissie coëfficiënt over de kade. Daarbij is deze beschouwd als een caisson. De bijbehorende coëfficiënten zijn:  $\alpha = 2.2$  en  $\beta = 0.4$ .

## 4 Berekeningsmethodiek

### 4.1 Geactiveerde processen

De volgende processen zijn geactiveerd bij de golfdoordringingsberekeningen: diffractie, lokale golfgroei en transmissie. De golfhoogtebeperking door ondiepe voorlanden is niet geactiveerd, dit omdat de uitvoerpunten zodanig zijn gekozen dat er geen ondiep voorland aanwezig is (breedte voorland  $< L_{o,p}$  en talud groter dan 1:10). Daarnaast zijn er een aantal processen die mogelijk wel een rol spelen, maar niet zijn opgenomen in het rekeninstrument. Dat zijn refractie, reflectie, dissipatie en triad en quadruplet interacties. Van deze processen zouden alleen de eerste twee nog van belang kunnen zijn. Daarbij moet opgemerkt worden dat reflectie bij lage waterstanden (vooral bij NAP+2m) van belang kan zijn door de aanwezige kademuren, waardoor plaatselijk de golfcondities mogelijk onderschat worden.

Uitgegaan wordt van een grote richtingspreiding ( $S=10$ ) [ref. 5], behorende bij een golfveld dat wordt gedomineerd door lokale opgewekte golven.

### 4.2 Gebruik spreadsheetmethode

Volgens de handleiding [ref. 5] is de spreadsheet "Rekeninstrument - Golfbelasting in Havens - v2-0.xls" niet toepasbaar indien er meervoudige transmissie en/of meervoudige diffractie plaatsvindt in de haven. Beide treden op als de Handels- en Jachthaven van Breskens als één geheel wordt beschouwd. Door de haven in twee delen op te splitsen en beide apart (doch gekoppeld) te berekenen is de methode echter wel toepasbaar. Er is een extra uitvoerpunt gecreëerd (uitvoerpunt 11), welke fungeert als randvoorwaarde-punt voor de Oosthaven en Jachthaven. De spreadsheetmethode berekent echter geen golfrichting op de uitvoerpunten, maar de golfrichting moet wel worden opgelegd voor de berekening van de Oost- en Jachthaven.

De golfrichtingen in uitvoerpunt 11 zijn als volgt geschat:

\* Golfrichtingen 300°, 330° :

Bij deze golfrichtingen zal er weinig diffractie om de havendammen zijn waardoor de golfrichting tussen de havenmonding van de Westhaven en de Oost- en Jachthaven nauwelijks wijzigt. Deze golfrichtingen worden daarom ook toegepast in de monding van de Oost- en Jachthaven.

\* Golfrichtingen 360°, 30° en 60°:

Bij deze golfrichtingen zal veel diffractie optreden om de noordoostelijke havendam waardoor de golfrichting naar het noordwesten gedraaid zal worden. De hoeveelheid diffractie om de noordoostelijke havendam zal voor deze drie golfrichtingen verschillend zijn. De dam zal bij een golfrichting van 60° voor meer diffractie zorgen dan bij een golfrichting van 360°. Daarom is besloten om de golven met een richting van 360°, 10° te draaien, de golven met een richting van 30°, 15° te draaien en de golven met een richting van 60°, 30° te draaien

Windrichting	Golfrichtingen	
	Monding haven	Monding Oost- en Jachthaven/ uitvoerpunt 11
300°	351°	351°
330°	356°	356°
360°	6°	356°
30°	30°	15°
60°	59°	29°

Tabel 4: Toegepaste golfrichtingen voor de randvoorwaarde-punten.

De golftrandvoorwaarden worden in de spreadsheet met behulp van de volgende formules berekend [ref. 5].

$$K_{d,t} = \sqrt{((1-K_t^2) * K_d^2 + K_t^2)}$$

$$E_{d,t} = K_{d,t}^2 * (0,25 * H_{s,in})^2$$

$$E_{tot} = E_{d,t} + E_{lg}$$

$$H_s = 4 * \sqrt{E_{tot}}$$

Waarin:

$K_t$	Transmissie coëfficiënt (-)
$K_d$	DiffRACTIE coëfficiënt (-)
$K_{d,t}$	DiffRACTIE,transmissie coëfficiënt (-)
$H_{s,in}$	Golfhoogte randvoorwaarden (m)
$E_{d,t}$	Golfenergie als gevolg van transmissie en diffractie (m <sup>2</sup> )
$E_{lg}$	Golfenergie als gevolg van lokale golfgroei (m <sup>2</sup> )
$E_{tot}$	Totale golfenergie (m <sup>2</sup> )
$H_s$	Golfhoogte op plaats van uitvoer (m)

De spreadsheet kan echter niet direct voor alle berekeningen gebruikt worden. In de spreadsheet kunnen namelijk geen verschillende types en hoogten van dammen worden ingevoerd. Daardoor moeten in enkele gevallen de berekening van diffractie en transmissie van elkaar losgekoppeld worden. De huidige formulering voor de berekening van de golfenergie voor zowel transmissie als diffractie is daarom omgezet naar:

$$E_{d,t} = 0,25 * 0,25 * ((1-K_t^2) * K_d^2 * H_{s,havenmond}^2 + K_t^2 * H_{s,havendam}^2)$$

Omdat in deze formulering twee verschillende golfhoogten wordt gebruikt kan dit niet met het programma "Golfbelasting in havens en afgeschermd gebied" berekend worden. Voor deze berekeningen is een speciale Excel-spreadsheet gebouwd, waarin deze berekeningen wel kunnen worden uitgevoerd.

#### 4.3 Stappenplan

De toegepaste methodiek is in overeenstemming met de eerder uitgevoerde studie [ref. 1] en kan uitgelegd worden met de volgende te volgen stappen:

1. Bepalen transmissie coëfficiënten over de volgende 'dammen' per golfrichting en bij behorende waterstand:
  - Westelijke havendam
  - Oostelijke havendam

Voor beide dammen is m.b.v. de spreadsheet VTV en de randvoorwaarden op de Westerschelde ( $H_{s, monding}$ ) per waterstand/golfrichting één transmissie coëfficiënt bepaald. Omdat de hoogte van de oostelijke dam varieert is daarnaast voor elke damhoogte van de oostelijke dam een bijbehorende transmissie coëfficiënt bepaald.
2. Berekening golfcondities op uitvoerpunt 11 met spreadsheet VTV en randvoorwaarden Westerschelde, met diffractie tussen beide dammen en transmissie over westelijke dam (NAP+7,5m) voor de golfrichtingen 300° en 330° en transmissie over de oostelijke dam (waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen een viertal situaties, zie tabel 2) voor de richtingen 360°, 30° en 60°. Voor deze windrichtingen wordt geen transmissie over de westelijke dam meegenomen, omdat dit uitvoerpunt bij de golfrichting niet in de transmissiezone ligt. Daarnaast is de laagste dam waarover golftransmissie komt maatgevend;
3. Bepaal golfcondities in Oosthaven m.b.v. eigen spreadsheet, waarbij het aandeel door diffractie ( $K_d$ ) wordt bepaald m.b.v. de spreadsheet VTV en de randvoorwaarden ter plaatse



van uitvoerpunt 11 en transmissie ( $K_t$ ) over de oostelijke havendam met randvoorwaarden Westerschelde  $\rightarrow H_{s,6,7,9,12} = \text{functie}(K_t * H_{s, \text{Westerschelde}} + K_d * H_{s, \text{uitvoerpunt}_11})$

4. Berekening transmissie coëfficiënten over de kade van de Oosthaven naar de Westhaven m.b.v. golfcondities op uitvoerpunt 12. Per waterstand worden de transmissie coëfficiënten bepaald voor de richtingen 30° en 60°. Voor andere richtingen zal er geen transmissie over de kade van de Oosthaven naar de Westhaven optreden.
5. Bepaal golfcondities in de Westhaven m.b.v. eigen spreadsheet, waarbij diffractie ( $K_d$ ) is bepaald m.b.v. de spreadsheet VTV en de randvoorwaarden Westerschelde en transmissie ( $K_t$ ) over de kade (NAP+2,75m) met randvoorwaarden van uitvoerpunt 12. Per uitvoerpunt is de aanpak voor de Westhaven verschillend.  
 $\rightarrow H_{s,3,4} = \text{functie}(K_t * H_{s, \text{uitvoerpunt}_12} + K_d * H_{s, \text{mondng}})$

#### 4.4 Aanpassingen op spreadsheetmethode

De spreadsheetmethode maakt gebruik van de diffractiediagrammen uit de handleiding [ref. 5], welke zijn afgeleid uit de Shore Protection Manual [ref. 9]. Er zijn een aantal situaties waarin de spreadsheet foutmeldingen en/of onnodig conservatieve waarden geeft met betrekking tot deze diagrammen [ref. 10]. Daarom zijn de volgende aanpassingen doorgevoerd, zoals aanbevolen in [ref. 10]:

Indien	Correctie Y-waarde
$X/L_0 > 3$ en $Y/L_0 < 0.5$	$Y = 0.51 * L_0$
$X/L_0 > 6$ en $Y/L_0 < 1.0$	$Y = 1.01 * L_0$
$X/L_0 > 12$ en $Y/L_0 < 2.0$	$Y = 2.01 * L_0$
$X/L_0 > 24$ en $Y/L_0 < 4.0$	$Y = 4.01 * L_0$

#### 4.5 Golfcondities monding haven

De toegepaste golfcondities in de monding van de haven zijn bepaald met behulp van de zogenaamde BLOCK-files (SWAN-uitvoer). Daarbij zijn de volgende correcties doorgevoerd:

- Stroming:  $H_s +0,2$  m en  $T_p +0,2$  s;
- Parametercorrecties om te compenseren voor de afwijking tussen meting en berekening volgens de studie van Svasek uit 2010 [ref. 4]

De golfcondities in de monding van de haven zijn weergegeven in tabel 4. In tabel 4 zijn daarnaast de  $1/4000^{\text{ste}}$  windsnelheden weergegeven, welke benodigd zijn voor de berekening van lokale golfgroei in de haven.

Windrichting (°)	Hs [m]				Tp [s]				Golfrichting (°)	Windsnelheid [m/s]
	bij waterstand				bij waterstand					
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP					
	+2m	+4m	+6m	+5,75m	+2m	+4m	+6m	+5,75m		
300	1,58	2,00	2,30	2,26	6,70	7,47	7,44	7,44	351	31
330	1,60	1,98	2,26	2,22	5,60	6,58	6,28	6,31	355	25
360	1,54	1,90	2,07	2,05	4,89	5,51	5,97	5,91	6	21
30	1,39	1,71	1,85	1,83	4,39	4,69	4,97	4,93	30	19
60	1,35	1,72	1,94	1,92	3,97	4,25	4,73	4,67	59	20

Tabel 4: Golfcondities in monding haven en windsnelheden

De golfcondities uit tabel 4 zijn ook bruikbaar voor het ontwerp van de oostelijke havendam.

## 5 Berekningen

Door het projectbureau zijn de volgende gegevens gevraagd:

Bepaal op basis van de golfcondities buiten de haven, golfcondities bij de waterkeringen in de haven voor:

- de windrichtingen 300°, 330°, 360° en 030°, 060°
- de waterstanden +2, +4 en +6 meter en het ontwerppeil (NAP+5,75 m).
- Golfrandvoorwaarden bij een kruinhoogte van de oostelijke havendam van NAP+4,5 m en NAP+5,5 m voor een 2-tal type dammen: golfbrekerachtige dam met geheel open opbouw en een golfbrekerachtige dam met een dichte kern en een open toplaag. In totaal zal dit leiden tot 4 sets randvoorwaarden (voor verschillende situaties), waarbij per situatie 4 verschillende tabellen worden bepaald, welke zijn toegespitst op een specifieke bekleding en/of faalmechanisme [ref. 3] ;

## 6 Resultaten

### 6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de resultaten weergegeven van de uitgevoerde berekeningen voor de volgende situaties:

1. Golfbrekerachtige dam met een steil talud (helling 1:1.5) en kruinhoogte NAP+4,5m
2. Golfbrekerachtige dam met een dichte kern en een toplaag van losse breuksteen (helling 1:1.5) en kruinhoogte NAP+4,5m
3. Golfbrekerachtige dam met een steil talud (helling 1:1.5) en kruinhoogte NAP+5,5m
4. Golfbrekerachtige dam met een dichte kern en een toplaag van losse breuksteen (helling 1:1.5) en kruinhoogte NAP+5,5m

Voor een viertal bekledingstypen en/of faalmechanisme is een afzonderlijke tabel met golfcondities bepaald met behulp van de belastingfuncties uit [ref 3].

### 6.2 Resultaten dam met open structuur en kruinhoogte van NAP+4,5m

Dijkstuk	Hs [m]				Tpm [s]				Windrichting (°)			
	bij waterstand				bij waterstand				nautisch			
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP			
no.	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m
3	0,65	0,87	1,18	1,28	4,39	4,69	4,93	4,97	30	30	30	30
5	0,70	0,94	1,31	1,41	6,70	7,47	7,44	7,44	300	300	300	300
7	0,80	0,99	1,35	1,45	6,70	7,47	7,44	7,44	300	300	300	300

Tabel 5.1: Maatgevende golfcondities voor (gekatelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen

Dijkstuk	Hs [m]				Tpm [s]				Windrichting (°)			
	bij waterstand				bij waterstand				nautisch			
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP			
no.	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m
3	0,65	0,87	1,18	1,28	4,39	4,69	4,93	4,97	30	30	30	30
5	0,73	0,91	1,28	1,41	5,60	5,51	6,31	7,44	330	360	330	300
7	0,80	0,99	1,35	1,45	6,70	7,47	7,44	7,44	300	300	300	300

Tabel 5.2: Maatgevende golfcondities voor betonzuilen

Dijkstuk	Hs [m]				Tpm [s]				Windrichting (°)			
	bij waterstand				bij waterstand				nautisch			
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP			
no.	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m
3	0,65	0,87	1,18	1,28	4,39	4,69	4,93	4,97	30	30	30	30
5	0,73	0,94	1,31	1,41	5,60	7,47	7,44	7,44	330	300	300	300
7	0,80	0,99	1,35	1,45	6,70	7,47	7,44	7,44	300	300	300	300

Tabel 5.3: Maatgevende golfcondities voor afschuiving, WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen

Dijkstuk	Hs [m]				Tpm [s]				Windrichting (°)			
	bij waterstand				bij waterstand				nautisch			
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP			
no.	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m
3	0,65	0,87	1,18	1,28	4,39	4,69	4,93	4,97	30	30	30	30
5	0,70	0,94	1,31	1,41	6,70	7,47	7,44	7,44	300	300	300	300
7	0,80	0,99	1,35	1,45	6,70	7,47	7,44	7,44	300	300	300	300

Tabel 5.4: Maatgevende golfcondities voor losse breuksteen kruikelberm

### 6.3 Resultaten dam met half open structuur en kruinhoogte van NAP+4,5m

Dijkstuk	Hs [m]				Tpm [s]				Windrichting (°)			
	bij waterstand				bij waterstand				nautisch			
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP			
no.	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m
3	0,65	0,84	1,21	1,33	4,39	4,69	4,93	4,97	30	30	30	30
5	0,69	0,89	1,32	1,46	6,70	7,47	7,44	7,44	300	300	300	300
7	0,80	0,93	1,36	1,50	6,70	7,47	7,44	7,44	300	300	300	300

Tabel 6.1: Maatgevende golfcondities voor (gekantelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen

Dijkstuk	Hs [m]				Tpm [s]				Windrichting (°)			
	bij waterstand				bij waterstand				nautisch			
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP			
no.	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m
3	0,65	0,84	1,21	1,33	4,39	4,69	4,93	4,97	30	30	30	30
5	0,72	0,91	1,29	1,46	5,60	6,58	6,33	7,44	330	330	330	300
7	0,80	0,93	1,36	1,50	6,70	7,47	7,44	7,44	300	300	300	300

Tabel 6.2: Maatgevende golfcondities voor betonzuilen

Dijkstuk	Hs [m]				Tpm [s]				Windrichting (°)			
	bij waterstand				bij waterstand				nautisch			
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP			
no.	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m
3	0,65	0,84	1,21	1,33	4,39	4,69	4,93	4,97	30	30	30	30
5	0,72	0,91	1,32	1,46	5,60	6,58	7,44	7,44	330	330	300	300
7	0,80	0,93	1,36	1,50	6,70	7,47	7,44	7,44	300	300	300	300

Tabel 6.3: Maatgevende golfcondities voor afschuiving, WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen

Dijkstuk	Hs [m]				Tpm [s]				Windrichting (°)			
	bij waterstand				bij waterstand				nautisch			
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP			
no.	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m
3	0,65	0,84	1,21	1,33	4,39	4,69	4,93	4,97	30	30	30	30
5	0,69	0,89	1,32	1,46	6,70	7,47	7,44	7,44	300	300	300	300
7	0,80	0,93	1,36	1,50	6,70	7,47	7,44	7,44	300	300	300	300

Tabel 6.4: Maatgevende golfcondities voor losse breuksteen kreukelberm

## 6.4 Resultaten dam met open structuur en kruinhoogte van NAP+5,5m

Dijkstuk	Hs [m]				Tpm [s]				Windrichting (°)			
	bij waterstand				bij waterstand				nautisch			
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP			
no.	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m
3	0,65	0,83	1,01	1,08	4,39	4,69	4,93	4,97	30	30	30	30
5	0,69	0,87	1,13	1,21	6,70	7,47	7,44	7,44	300	300	300	300
7	0,80	0,91	1,16	1,24	6,70	7,47	7,44	7,44	300	300	300	300

Tabel 7.1: Maatgevende golfcondities voor (gekantelde) betonblokken en patroon geopeneteerde breuksteen

Dijkstuk	Hs [m]				Tpm [s]				Windrichting (°)			
	bij waterstand				bij waterstand				nautisch			
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP			
no.	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m
3	0,65	0,83	1,01	1,08	4,39	4,69	4,93	4,97	30	30	30	30
5	0,72	0,90	1,12	1,19	5,60	6,58	6,33	6,28	330	330	330	330
7	0,80	0,91	1,16	1,24	6,70	7,47	7,44	7,44	300	300	300	300

Tabel 7.2: Maatgevende golfcondities voor betonzuilen

Dijkstuk	Hs [m]				Tpm [s]				Windrichting (°)			
	bij waterstand				bij waterstand				nautisch			
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP			
no.	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m
3	0,65	0,83	1,01	1,08	4,39	4,69	4,93	4,97	30	30	30	30
5	0,72	0,90	1,13	1,21	5,60	6,58	7,44	7,44	330	330	300	300
7	0,80	0,91	1,16	1,24	6,70	7,47	7,44	7,44	300	300	300	300

Tabel 7.3: Maatgevende golfcondities voor afschuiving, WAB, OSA en vol en zat geopeneteerde breuksteen

Dijkstuk	Hs [m]				Tpm [s]				Windrichting (°)			
	bij waterstand				bij waterstand				nautisch			
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP			
no.	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m	+2m	+4m	+5,75m	+6m
3	0,65	0,83	1,01	1,08	4,39	4,69	4,93	4,97	30	30	30	30
5	0,69	0,87	1,13	1,21	6,70	7,47	7,44	7,44	300	300	300	300
7	0,80	0,91	1,16	1,24	6,70	7,47	7,44	7,44	300	300	300	300

Tabel 7.4: Maatgevende golfcondities voor losse breuksteen kreukelberm

## Referenties

- [1.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: *'Extra randvoorwaarden haven Breskens'*, opdracht 2005.06.05, 22 augustus 2005
- [2.] Deltares, M. Klein Breteler: *'Belastingfunctie voor keuze maatgevende golfcondities'*, 21 oktober 2009.
- [3.] Svašek Hydraulics, P. van de Rest: *'Memo Nieuwe belastingfuncties steenbekledingen'*, PvdR/09358/1573/D, 18 januari 2010
- [4.] Svašek Hydraulics, P. van de Rest.: *'Update correctiewaarden Zeeland'*, 1585/U10250/C/PvdR, 1 november 2010
- [5.] RIKZ: *'Golfbelastingen in havens en afgeschermd gebied'*, 15 februari 2004, RIKZ\2004.001.
- [6.] Ministerie van Verkeer en Waterstaat: *'Hydraulische Randvoorwaarden 2006 voor het toetsen van primaire waterkeringen'*, september 2007
- [7.] Werkgroep Kennis, A. Kamsteeg, S. Jacobse: *'Ontwerppeilen Westerschelde, uitleg over de totstandkoming van de ontwerppeilen-tabel'*, K-01-09-53, september 2001
- [8.] RIKZ: *'Gemiddelde getijkromme 1991'*, 1994.
- [9.] Coastal Engineering Research Center, Department of the Army: *'Shore Protection Manual'*, 1984
- [10.] Svašek Hydraulics, P. van de Rest: *'Memo inventarisatie problemen spreadsheet havens'*, 13 augustus 2007
- [11.] Van der Meer Consulting BV: *'Golftransmissie bij de Noorderdam en golfindringing in het Gatekanaal'*, 22 september 2008
- [12.] TAW, *'Leidraad Kunstwerken'*, mei 2003

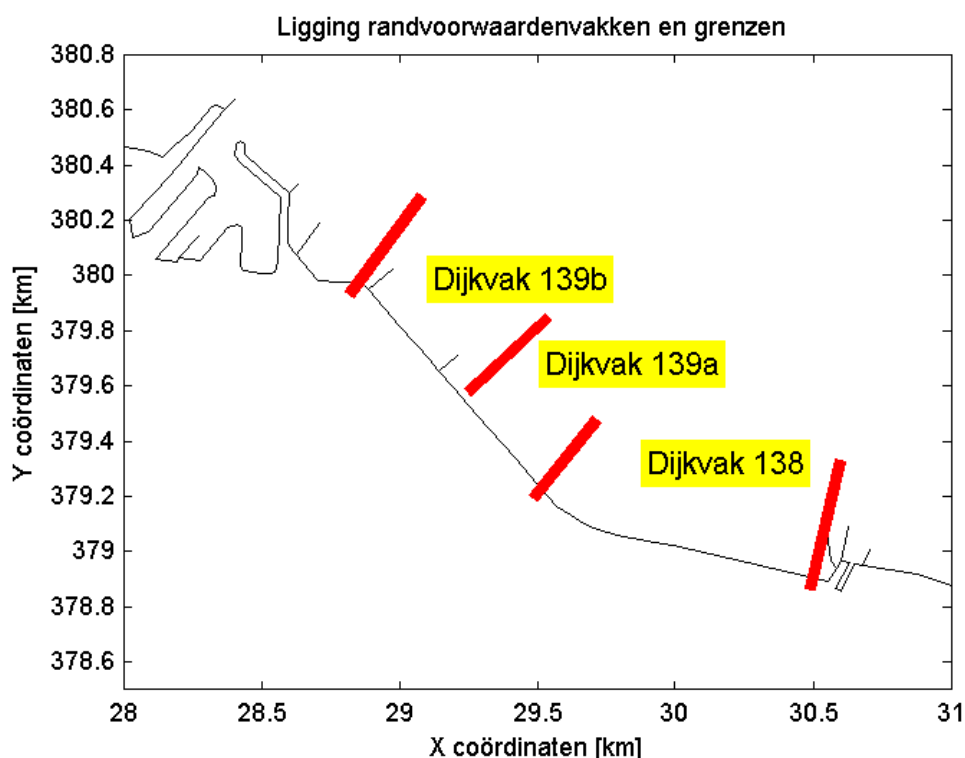
## Bijlage: Golfcondities Breskens

### Inleiding

In het kader van het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen zijn recentelijk nieuwe formules ontwikkeld voor het toetsen en ontwerpen van steenettingen [ref. 2]. Met deze nieuwe ontwerpformules zijn nieuwe belastingfuncties bepaald [ref. 3], waarmee vanaf september 2010 de maatgevende golfcondities worden bepaald. Eveneens zijn recent aangescherpte correctiefactoren bepaald [ref. 4], welke dienen ter compensatie van de door SWAN gemaakte fout. Projectbureau Zeeweringen heeft gevraagd de golfcondities voor de dijkgedeeltes ten oosten van de haven opnieuw te bepalen met behulp van de nieuwe belastingfuncties [ref. 3] en op basis van aangescherpte correctiefactoren [ref. 4].

### Projectgebied en ligging randvoorwaardenvakken

Het projectgebied is weergegeven in Figuur 3, waarbij met de rode lijnen de grenzen van de randvoorwaardenvakken zijn aangegeven. Daarnaast zijn de dijkvakgrenzen aangegeven in Tabel 11.



Figuur 3: Ligging randvoorwaardenvakken

Dijk- vak no.	Dijkvakscheidings- coördinaten tov Parijs (m)				Dijk kilometrerings (km)		Poldernaam
	van x	y	tot x	y	van	tot	
138	30492	378863	29487	379192	637,80	648,55	Hans v. Kruiningenpolder
139a	29487	379192	29250	379575	648,55	653,00	Elisabethpolder
139b	29250	379575	28821	379930	653,00	658,58	Elisabethpolder

Tabel 11: Beschouwde randvoorwaardenvakken en vakgrenzen

### Maatgevende golfcondities

Voor de verschillende bekledingstypen en faalmechanismen zijn vier verschillende belastingfuncties gebruikt om de maatgevende golfcondities te bepalen. Hierdoor dient voor het ontwerp per bekledingstypen en/of faalmechanisme een afzonderlijke tabel toegepast te worden. De tabellen 12.1 t/m 12.4 tonen de maatgevende golfcondities voor de verschillende bekledingstypen en faalmechanismen. Deze golfcondities zijn bepaald op basis van de belastingfuncties uit [ref. 3].

Dijk- vak no.	Hs [m]			Tpm [s]			Waterdiepte (m)			Windrichting (°)		
	bij waterstand t.o.v. NAP			bij waterstand t.o.v. NAP			bij waterstand t.o.v. NAP			nautisch bij waterstand t.o.v. NAP		
	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m
138	1,35	1,93	2,30	5,66	7,28	8,11	2,9	3,4	5,4	300	300	315
139a	1,28	1,56	1,64	5,72	6,74	8,12	3,2	5,2	7,2	330	315	300
139b	1,34	1,61	1,77	6,08	6,52	7,57	3,9	5,9	7,9	300	315	315

Tabel 12.1: Maatgevende golfcondities voor (gekatelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen

Dijk- vak no.	Hs [m]			Tpm [s]			Waterdiepte (m)			Windrichting (°)		
	bij waterstand t.o.v. NAP			bij waterstand t.o.v. NAP			bij waterstand t.o.v. NAP			nautisch bij waterstand t.o.v. NAP		
	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m
138	1,39	1,96	2,30	5,37	6,99	8,11	2,9	3,4	5,4	330	315	315
139a	1,31	1,60	1,74	5,55	6,53	7,40	3,4	5,2	7,4	330	330	315
139b	1,45	1,65	1,77	5,37	6,24	7,57	3,9	5,9	7,9	330	330	315

Tabel 12.2: Maatgevende golfcondities voor betonzuilen

Dijk- vak no.	Hs [m]			Tpm [s]			Waterdiepte (m)			Windrichting (°)		
	bij waterstand t.o.v. NAP			bij waterstand t.o.v. NAP			bij waterstand t.o.v. NAP			nautisch bij waterstand t.o.v. NAP		
	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m
138	1,43	1,99	2,33	4,08	5,98	7,09	2,9	3,4	5,4	315	315	315
139a	1,33	1,62	1,77	3,75	4,91	5,60	3,4	5,4	7,4	360	330	330
139b	1,46	1,65	1,81	4,77	6,24	4,64	3,9	5,9	7,9	360	330	60

Tabel 12.3: Maatgevende golfcondities voor afschuiving, WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen

Dijk- vak no.	Hs [m]			Tpm [s]			Waterdiepte (m)			Windrichting (°)		
	bij waterstand t.o.v. NAP			bij waterstand t.o.v. NAP			bij waterstand t.o.v. NAP			nautisch bij waterstand t.o.v. NAP		
	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m
138	1,35	1,93	2,30	5,66	7,28	8,11	2,9	3,4	5,4	300	300	315
139a	1,31	1,60	1,72	5,55	6,53	7,68	3,4	5,2	7,2	330	330	315
139b	1,45	1,61	1,77	5,37	6,52	7,57	3,9	5,9	7,9	330	315	315

Tabel 12.4: Maatgevende golfcondities voor losse breuksteen kreukelberm

---

Bijlage 2.2: Aandachtspunten ecologie





## Aandachtpunten ecologie Ontwerpnota dijkverbetering 'Breskens Kom'

Au [REDACTED]

Datum: 28 april 2011

Opgesteld op basis van de Quick scan Broedvogels (2005) en een verkennende inventarisatie in 2011.

### *Niet-broedvogels*

- Ter hoogte van het dijktraject 'Breskens Kom' zijn geen HVP's (hoogwatervluchtplaatsen) in kaart gebracht; er zijn geen HVP's aanwezig in het projectgebied.
- Er zijn geen laagwatertellingen uitgevoerd. Ter hoogte van het dijktraject 'Breskens Kom' is geen geschikt foerageergebied voor steltlopers aanwezig. Tijdens het veldbezoek waren geen steltlopers aanwezig. Wel zijn diverse watervogels aangetroffen, o.a. Bergeend. Deze is niet afhankelijk van een specifiek foerageergebied en kan dus uitwijken.
- De begroeiing rondom de appartementen van Port Scaldis vormt voor een aantal algemene soorten zoals Merel een geschikt leefgebied. In de huidige situatie wordt veel gewandeld langs de vegetatie, de aanwezige vogels zijn gewend aan deze mate van verstoring.

### *Broedvogels*

- Er heeft geen uitgebreide broedvogel inventarisatie plaats gevonden. Wel is het projectgebied tijdens het oriënterende veldonderzoek gecontroleerd op geschiktheid als broedgebied en is gekeken naar aanwezigheid van eventuele broedterritoria.
- Er zijn geen broedterritoria aangetroffen.
- Geschikte habitat is allereerst ter hoogte van de appartementen van Port Scaldis aanwezig. Het betreft habitat voor algemene broedvogelsoorten en bestaat uit struiken en een aantal lage bomen, waar algemene soorten van opgaand geboomte, stedelijke groen en ruderaal gebied hun territorium in kunnen hebben. Vanaf het wandelpad zijn geen nesten gezien. In de strook duinvegetatie ten oosten van de appartementen zijn geen broedterritoria gezien of te verwachten, aangezien de vegetatie regelmatig betreden wordt en als hondenuitlaatplek gebruikt wordt. Er is dus te veel verstoring voor broedvogels. Zekerheidshalve dient de vegetatie voor aanvang van het broedseizoen te worden verwijderd. Het laatste deel potentieel geschikt broedterritorium betreft het met gras begroeide bovenste gedeelte van de zeekering ten oosten van Port Scaldis. Deze zou bijvoorbeeld voor de Graspieper een geschikt broedhabitat vormen. Op dit moment wordt de zeekering echter begraasd door schapen, dus ook daar zijn geen broedterritoria te verwachten. Het overige deel van het projectgebied en zijn directe omgeving zijn volledig verhard. Vogels die op kaal substraat broeden zijn niet te verwachten als gevolg van te veel menselijke activiteit (verstoring). Tenslotte zouden vogels in of op de bebouwing op het haventerrein kunnen broeden (geen waarnemingen bekend). Vogels die daar in de huidige situatie broeden zijn gewend aan menselijke activiteit en broeden daar ondanks verstoring. De vogels zijn dus gewend aan verstoring, zij zullen naar verwachting niet worden afgeschrikt door dijkverbeteringswerkzaamheden.

### *Zoogdieren*

- Aan de oostzijde van de appartementen van Port Scaldis bevinden zich in de strook duinvegetatie een aantal bewoonde konijnen holen.
- De overige vegetatie rondom de appartementen biedt beschutting voor kleine algemene zoogdiersoorten, zoals spitsmuis, mol.

- Het met gras begroeide bovenlichaam van de zeewering ten oosten van de appartementen vormt geschikt leefgebied voor algemene zoogdiersoorten zoals mol, konijn, haas.
- Het overige deel van het projectgebied is geheel verhard en dus ongeschikt als leefgebied voor zoogdieren.

#### *Amfibieën*

- In (de directe omgeving van) het projectgebied is geen voortplantingslocatie (zoet water) voor amfibieën aanwezig. Ook zijn er geen waarnemingen van amfibieën bekend.
- De strook duinvegetatie vormt geen geschikt leefgebied voor zandhagedis (te veel verstoring).

#### *Taludbegroeiing*

In 2008 zijn een aantal proefvakken op de zeekering ten oosten van Port Scaldis geïnventariseerd. In 2011 is de zeekering nogmaals geïnventariseerd door Peter Meininger.

- Er zijn geen Provinciale aandachtsoorten en/of Flora-Fauna wet beschermde soorten aan getroffen, met uitzondering van een waarneming van Gewone Zoutmelde aan de binnenzijde van oostelijke havendam.
- De enige voor het Natura 2000 gebied 'Westerschelde & Saeftinghe' kwalificerende plantensoort Groenknolorchis (*Liparis loeselii*) is niet aangetroffen in het projectgebied en is hier ook niet te verwachten (geen geschikt habitat aanwezig).
- Het grootste deel van het projectgebied is geheel verhard, er is over het algemeen geen begroeiing aanwezig.
- Tussen de dijkbekleding in en rondom de haven groeien hier en der enkele planten, het betreft ruderaal soorten.
- Het bovenlichaam van de zeewering ten oosten van Port Scaldis is ingezaaid met produktiegras en is zeer soortenarm.
- De strook duinvegetatie ten oosten van Port Scaldis bestaat uit helm en enkele struiken duindoorn. De strook is erg verstoord. De vegetatie en het zand van de duin zal verwijderd worden, om glooiing aan te brengen. Het zand wordt waarschijnlijk weer terug aangebracht op de glooiing.

#### *Voorland*

- Het voorland bestaat uit kwalificerend habitat H1130 Estuaria, ter hoogte van het projectgebied betreft het vaarwater. De werkstrook is 15 m breed, mogelijk treedt tijdelijke verstoring op. Buiten de werkstrook zijn geen werkzaamheden gepland die het habitat zullen beïnvloeden.

#### *Wieren*

- In 2005 (Breskens haven) en in 2008 (vijf proefvlakken thv oostelijke havendam en traject ten oosten van port scaldis) is een wieren inventarisatie uitgevoerd. Op de kreukelberm en de glooiing zijn op de proefvlakken weinig wieren aanwezig (oha soortenarm en lage bedekking). Langs het traject ten oosten van port scaldis zijn plaatselijk zelfs geen wieren of andere organismen aangetroffen. Alleen de glooiing aan de buitenzijde van de oostelijke havendam kent een hoge bedekkingsgraad (80%). De glooiing bestaat uit grote breuksteen.
- Met de verwijdering van bestaande bekleding zullen ook de aanwezige wieren verwijderd worden. De oostelijke havendam heeft de grootste potentie voor de ontwikkeling van wiervegetatie.

#### *Toegankelijkheid en recreatie*

- Het onderhoudspad wordt opengesteld voor fietsers en wandelaars. De toegankelijkheid ten opzichte van de huidige situatie blijft ongewijzigd.

## Aandachtspunten voor het ontwerp/uitvoering

### *Fauna*

- Om vernietiging van nesten te voorkomen, moet voor aanvang van het broedseizoen (15 maart) de vegetatie op de zeewering kort gemaaid/verwijderd (duinvegetatie ter hoogte van port scaldis) en gehouden worden zodat het gebied ongeschikt wordt gemaakt als broedterritorium (eventuele broedvogels) of leefgebied (zoogdieren). Begrazing met schapen, zoals in de huidige situatie, voldoet echter ook.
- Indien de opgaande begroeiing rondom de appartementen van Port Scaldis wordt verwijderd, dan moet dat gebeuren voor aanvang van het broedseizoen (15 maart), zodat vogels een ander territorium kunnen zoeken.
- Indien de duinvegetatie ten oosten van de appartementen moet worden verwijderd, wordt aangeraden de konijnen hollen in de winter voorafgaand aan de werkzaamheden uit te graven ter voorkoming dat de dieren gedood worden tijdens het werk. Er zijn voldoende uitwijkmogelijkheden ten oosten van Port Scaldis (met name binnendijs).

### *Flora*

- Het is wenselijk een steenbekleding te kiezen waar wieren zich aan kunnen hechten, zodat het projectgebied opnieuw gekoloniseerd kan worden.

---

Bijlage 2.3: Detailadvies landschap

Aan:

Secretariaat PBZ

Rijkswaterstaat Zeeland

Poelendaelesingel 18  
4335 JA Middelburg  
Postbus 5014  
4330 KA Middelburg

Contactpersoon

Datum

19-05-2011

Bijlage(n)

-

Documentnr.

PZDB-M-11xxx

# memo

Landschapsadvies Oud- en Nieuw Noord-  
BevelandpolderBreskens Kom

*Landschapsadvies Breskensse Kom inclusief Port Scaldis en traject  
Elisabethpolder (dp649+20m – dp666+40m)*

## *Algemeen*

Het traject bevindt zich deels voor een open poldergebied, deels omringt dit een jachthaven en deels loopt de dijk rond de havenkom vóór de kern van Breskens.

Achter de havenkom (van oost naar west) tot aan het midden van de middelste havendam loopt een dijk met een basaltbekleding met deels een stalen damwand in de kruin. Het totale projectgedeelte heeft een lengte van ongeveer 2.7 km.

## *Bestaand profiel*

Het meest oostelijk deel ter hoogte van de Elisabethpolder is reeds in 1997, bij het begin van Project Zeeweringen aangepast. Op dit gedeelte zijn proefvlakken aangebracht: op de boventafel zijn betonzuilen geplakt op asfalt. De ondertafel kent een overlaging van breuksteen.

Rondom het jachthavengebied Port Scaldis bestaat de zeewering aan de Westerscheldezijde voornamelijk uit grove breuksteen.

Voor de havendijk ligt in Breskens een zeewering met een bekleding van basalt met een kruinhoogtekort van een kleine meter.

De stalen damwanden in de haven zijn goedgekeurd. Een deel van de bestaande taluds met blokken en losse breuksteen zijn afgekeurd. De taluds met basalt zijn goedgekeurd.

## *Technisch gewenst profiel*

Oostelijk deel: proefvlakken vervangen door breuksteen met asfalt.

Bij strandje: zand wegschuiven, talud asfalteren en zand terugschuiven.

Voor Port Scaldis de breuksteen aanvullen met een grove breuksteensoort en daarmee het talud verflauwen.

De dijk in Breskens kent een kruinhoogte tekort en moet opgehoogd van NAP +7,5m tot NAP +8,20m. Omdat er weinig ruimte in de breedte is wordt voorgesteld op de dijk een nieuwe damwand aan te brengen met een hoogte van ca 1,0m aan de bebouwde komzijde. Er wordt nader onderzocht of de damwand in staal of in beton moet worden uitgevoerd. Het fiets-/ wandelpad komt dan aan de havenzijde te liggen met een smalle breedte van ongeveer 2,0m. In de havenkom wordt de havendam versterkt door breuksteen ervoor aan te brengen tot een hoogte van NAP +4,50m.

*Voorlopig landschapsadvies*

Ter hoogte van Elisabethpolder materiaalgebruik zo consequent mogelijk over de gehele lengte toepassen. Dit zal betekenen, dat aansluitend bij het bestaande dwarsprofiel de gehele lengte overlaagd zal worden. Indien mogelijk het verschil ondertafel / boventafel accentueren: beneden donkerder: boven lichter.

**Rijkswaterstaat Zeeland**  
Projectbureau Zeeweringen

**Datum**  
19 februari 2010

Rond Port Scaldis zal het totaalbeeld weinig zichtbaar veranderen. Dit geldt ook voor de kleine gedeelten in de haven en voor de havendam, die aangepakt gaan worden. Het heeft dan ook geen zin hier extra landschappelijke voorwaarden aan te verbinden.

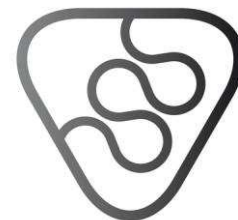
Aanbrengen van een damwand in Breskens is, gezien de hoogte, landschappelijk acceptabel. Een stalen damwand geniet hierbij de voorkeur, omdat dit aansluit bij de bestaande situatie.

*Voorlopig advies cultuurhistorie*

Er zijn op dit traject geen objecten van cultuurhistorische waarde welke door de werkzaamheden beïnvloedt zullen worden.

---

Bijlage 2.4: Toets kruinhoogte Breskens Kom



# Notitie

van : [REDACTED]  
datum : 6-7-2012  
betreft : BRESKENS HANDELSHAVEN, BESCHOUWING KRUINHOOGTE  
Registratienr : 2012017971

## 1. Toetsing 2005 en 2010

Vanuit de toetsing van 2005 van het waterschap Zeeuws Vlaanderen is gebleken dat de kruinhoogte en de bekleding niet voldoen aan de toetsing volgens de Wet op de Waterkeringen. Vanwege het streven om voor Breskens een integrale oplossing te bereiken is ervoor gekozen om beide sporen mee te nemen in Project Zeeweringen.

## 2. Hydraulische randvoorwaarden

Voor de hydraulische randvoorwaarden is gebruik gemaakt van het detailadvies van Svasek Hydraulics Update randvoorwaarden Breskens gedateerd 11 april 2011 (refnr. 1587/U11072/C/PvdR).

## 3. Kruinhoogte

Voor het totale traject zijn overslag berekeningen gemaakt op basis van de ontwerpuitgangspunten en de eerder genoemde randvoorwaarden door Svasek met de excelversie van het programma PC-Overslag. De resultaten hiervan zijn in onderstaande tabel weergegeven. Als vertrekpunt bij het ontwerp wordt uitgegaan van een overslagdebiet van 1 l/s/m. Op basis van de ontwerpuitgangspunten geldt dat voor delen van het traject het overslagdebiet groter dan 1 l/s/m.

Hecto	overslag in l/m/s
65800	0,4
65900	0,0
66000	0,0
66100	1,5
66200	1,4
66200a	3,2
66300	3,4
66400	25,6
66500	37,8

## 4. Advies

Voor het traject tussen hectometrering 66300 en 66640 wordt geadviseerd naast om de kruin te verhogen met 1 meter naast de te verbeteren gezette steenbekleding.



---

Bijlage 2.5: Technische uitwerking kruinverhoging



Raadgevend Ingenieurs-  
bureau Lieveense B.V.

Postbus 3199  
4800 DD Breda NL

Tramsingel 2  
4814 AB Breda NL  
Nederland

telefoon  
+31(0)76-522 50 22  
fax  
+31(0)76-522 30 26

email  
info@lievense.com  
site  
www.lievense.com

**Projectbureau Zeeweringen**  
ONTWERP WATERKERING BRESKENS  
**Definitief ontwerp**  
Doc.nr. 126179

Rev.	Opgesteld door	Paraaf	Datum	Verificatie door	Paraaf	Datum
0	J. de Ruiter			E. Fiktorie		

## Inhoudsopgave

<b>1.</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
1.1	Algemeen	1
1.2	Doel	2
1.3	Ontwerpproces	2
1.4	Leeswijzer	2
<b>2.</b>	<b>RANDVOORWAARDEN</b>	<b>5</b>
2.1	Veiligheidsfactoren	5
2.2	Hydraulische randvoorwaarden	5
2.2.1	Waterstanden	5
2.2.2	Golfrandvoorwaarden	6
2.2.3	Golfbelasting op keermuur	7
2.2.4	Freatische lijn bij ontwerppeil	7
2.3	Geotechnische randvoorwaarden	7
2.3.1	Grondopbouw dijklichaam	7
2.4	Geometrische randvoorwaarden en uitgangspunten	8
2.4.1	Algemeen	8
2.4.2	Kruinhoogte	8
2.4.3	Funderingsniveau	8
<b>3.</b>	<b>DEFINITIEF ONTWERP KEERMUUR</b>	<b>9</b>
3.1	Inleiding ontwerp	9
3.1.1	Situatie	9
3.1.2	Belastingen	10
3.1.3	Gegevens materialen:	10
3.2	Stabiliteit keerwand	11
3.2.1	Afschuiven en kantelen keerwand	11
3.2.2	Macrostabiliteit binnentalud	11
3.3	Controle constructie keerwand	13
3.3.1	Berekening betonconstructie keerwand	13
3.3.2	Berekening staanders	14
3.3.3	Bevestiging staanders	14
3.3.4	Berekening keermuur	14
3.3.5	Berekening betonconstructie H-bak	14
3.4	Conclusie	15
<b>4.</b>	<b>DEFINITIEF ONTWERP DAMWAND STANDFAST</b>	<b>17</b>
4.1	Inleiding	17
4.2	Eigenschappen damwand	18
4.3	Berekening damwand	18
4.3.1	Krachten op damwand	18
4.3.2	Fasering	20
4.3.3	Samenvatting berekeningsresultaten	21
4.3.4	Berekeningscontrole bestaande damwand	21
4.4	Draagvermogen funderingspalen	22
4.4.1	Principeschets	22
4.4.2	Belastingen	22
4.4.3	Sondering	22
4.4.4	Funderingspalen	22

4.4.5	Conclusie	23
4.5	Betonnen voetpad:	23
4.5.1	Belastingen op betonnen voetpad	23
4.5.2	Glazenwand	23
4.5.3	Berekening voetpad	24
4.5.4	Betonberekening	24
4.5.5	Berekening staander	24
<b>5.</b>	<b>SAMENVATTING EN AANDACHTSPUNTEN</b>	<b>25</b>
5.1	Eindsituatie keermuur:	25
5.1.1	Eindsituatie damwand Standfast	26
5.2	Aandachtspunten en risico's:	27
5.2.1	Aandachtspunten	27
5.3	Risico's	27

## Bijlagen

- A. Referenties per e-mail
- B. Resultaat geotechnisch ontwerp
- C. Berekening golfbelasting op kruinmuur
- D. Resultaten macrostabiliteit
- E. Memo toetsing bestaande damwand
- F. D-sheetpiling berekening damwand looppad
- G. Constructieberekening voetpad
- H. Constructie berekening keermuur
- I. Draagvermogen paal
- J. Bepalen veerwaarde paal in Single Pile
- K. Kostenramingen Standfast

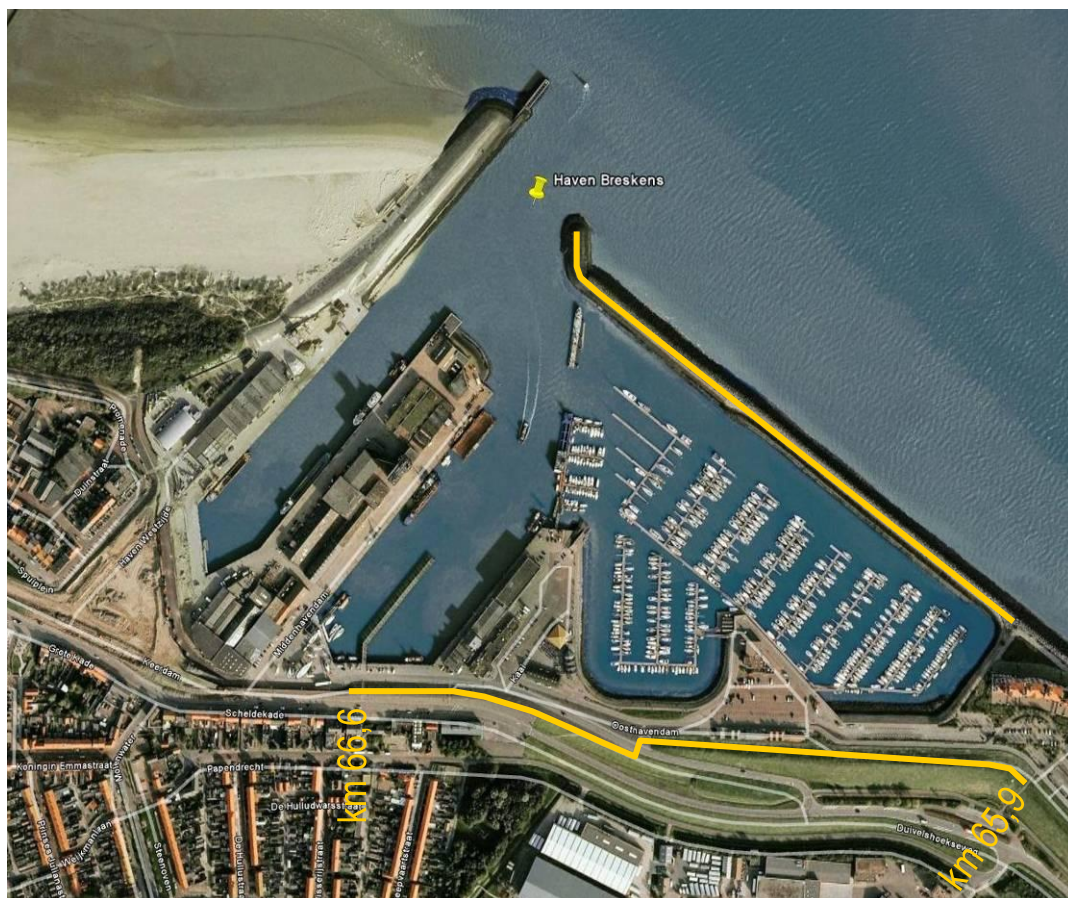
## Referentie

- [1] Oplossingmogelijkheden Breskens-kom, Projectbureau Zeeweringen, 6 april 2005, PZDT-M-05103 ontw
- [2] Samenhang afwegingen havens Breskens, Projectbureau Zeeweringen, 10 mei 2005, PZDT-M-06141 inv
- [3] Voorontwerpnota Handels- en Jachthavens Breskens, Projectbureau Zeeweringen, 1 november 2005, PZDT-R-05117 ontw
- [4] Bestuurlijke nota havens Breskens, Projectbureau Zeeweringen, 2 juni 2008, PZDT-R-05447 ontw
- [5] Startnotitie waterkering Breskens, Ingenieursbureau Lieveense, 20-08-2009, doc.nr. 095581
- [6] Memo update randvoorwaarden Breskens, Svasek, 1587/U11072/C/PvdR, 11 april 2011
- [7] Plan van Aanpak, ontwerp waterkering Breskens, doc.nr. 115894, Ingenieursbureau Lieveense, 18-01-2011
- [8] Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies, TAW, juni 2001
- [9] Addendum bij het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies, ENW, juli 2007
- [10] Grondonderzoek havens Breskens, Fugro, opdrachtnummer 3010-0271-000, definitief, 18 februari 2011
- [11] Toetsing bestaande damwand Standfast, Lieveense, 116002, 23 juni 2011
- [12] NEN6740, Geotechniek basiseisen en belastingen
- [13] NEN6744, Funderingen op staal
- [14] CUR166, Damwandconstructies, 4<sup>de</sup> druk
- [15] Leidraad Kunstwerken, TAW, 2003
- [16] Variantenstudie + VO, Ontwerp waterkering Breskens, Lieveense, doc.nr. 116005, 05-08-2011

# 1. INLEIDING

## 1.1 Algemeen

In 1997 is het projectbureau Zeeweringen (PBZ) begonnen met het verbeteren van de steenbekleding op de dijken langs de Ooster- en Westerschelde. Een van de dijkvakken die het projectbureau zou verbeteren is de waterkering langs de verschillende havens in het dorp Breskens. Onderstaande figuur geeft de ligging van de betreffende waterkering. De waterkering wordt gevormd door een combinatie van de Oostelijke havendam en de dijk ten zuiden van de havens.



Figuur 1.1 Locatie waterkering Breskens

De oostelijke havendam maakt een integraal onderdeel uit van de waterkering aangezien deze, ook onder maatgevende omstandigheden, een belangrijke golfreducerende functie heeft. De maatregelen tot behoud of verbetering van de oostelijke havendam maken geen onderdeel uit van het ontwerp dat door Bureau Lieveense is gemaakt.

In het verleden zijn al enkele studies aan dit onderwerp gewijd. De resultaten hiervan zijn opgenomen in de Voorontwerpnota [3] en de Bestuurlijke nota [4]. Conclusie was dat door de steile hellingen van de bestaande waterkering het toepassen van een steenbekleding hier niet haalbaar was. Een verflauwing van de binnen- of buitentaluds neemt zodanig veel ruimte in beslag dat dit niet acceptabel is op deze locatie binnen de bebouwde kom van Breskens. Vervolgens bleek dat ook de kruinhoogte een probleem is bij maatgevende omstandigheden. Zie hiervoor referenties [1], [2], [3], [4], [5]. Door de

combinatie van deze twee mechanismen is in augustus 2009 een startnotitie geschreven waarin de gemeente Sluis, het waterschap Zeeuws Vlaanderen en het projectbureau Zeeweringen zich committeren aan een integrale oplossing voor deze waterkering [5]. Door ontwikkeling in de rekenregels voor steenbekledingen is de huidige bekleding inmiddels goedgekeurd en blijft alleen het kruinhoogte tekort over.

Hoewel het projectbureau Zeeweringen opdrachtgever is voor dit project vindt intensieve afstemming plaats met het waterschap Scheldestromen. In het vervolg van dit rapport wordt met opdrachtgever dan ook de combinatie bedoeld van het projectbureau Zeeweringen en het waterschap Scheldestromen. In opdracht van het projectbureau Zeeweringen ontwerpt Ingenieursbureau Lievens de harde waterkeringen.

## 1.2 Doel

Het doel van dit rapport is het vastleggen van het gemaakte ontwerp, en de daarvoor gemaakte keuzen. Het ontwerp is opgesplitst in twee delen. Het eerste deel betreft alleen het verhogen van het dijkprofiel tussen de km 66.200 en km 66.495 (295 m). Het tweede deel beslaat de bestaande damwand ter hoogte van scheepswerk Standfast, km 66.495-66.640 (145 m). Beide aanpassingen worden gemaakt om het aanwezige kruinhoogteprobleem op te lossen.



Figuur 1.2 Begrenzing keermuur en damwand

## 1.3 Ontwerpproces

In het ontwerpproces zijn een aantal documenten voorafgegaan aan het definitief ontwerp. Allereerst is er een varianten studie opgesteld voor het afwegen van keuzes en mogelijkheden om de kruinhoogte van de bestaande situatie te verhogen. Aan de hand van de gemaakte keuzes is er een voorlopig ontwerp uitgevoerd en verwerkt in een voorlopig ontwerp. Dit document bevat het vervolg, namelijk een definitief ontwerp. Hierin zitten elementen uit het voorontwerp en zijn de nieuwe ontwikkelingen van de architect meegenomen in het DO-rapport.

## 1.4 Leeswijzer

Als eerste wordt in hoofdstuk 2 een overzicht gegeven van de randvoorwaarden die zijn gebruikt. Het definitief ontwerp van de keermuur is beschreven in hoofdstuk 3. Hoofdstuk

4 geeft vervolgens de resultaten van het definitieve ontwerp van de bestaande damwand bij Standfast. Tot slot zijn in hoofdstuk 5 afrondende samenvatting, aandachtspunten en risico's en kansen gegeven.



## 2. RANDVOORWAARDEN

### 2.1 Veiligheidsfactoren

De veiligheidsfactoren zijn aangehouden volgens:

- NEN6740 Basiseisen en belastingen voor geotechniek, tabel 3 [12]
- Leidraad Kunstwerken 2003, tabel B4.1 [15]

Dit resulteert in de volgende waarden.

Tabel 2.1 Toegepaste partiële factoren

Parameter	Fundering op staal	Grondkerende constructies en taluds	Beton en staal constructies
<i>Sterkte</i>			
Tan $\varphi'$ [°]	1,15	1,2	
Cohesie [kPa]	1,6	1,5	
$C_u$ [kPa]	1,35	1,5	
<i>Belasting</i>			
$\gamma_{f, eg, u}$	1,2	1,2	1,2
$\gamma_{f, golf, u}$	1,25	1,25	1,5

### 2.2 Hydraulische randvoorwaarden

Voor het ontwerp wordt aangesloten bij de randvoorwaarden zoals voor dit dijkvak afgegeven in het kader van project Zeeweringen. Deze randvoorwaarden zijn gegeven in de monding van de havenbekkens. Door Svašek [6] zijn de randvoorwaarden omgerekend naar randvoorwaarden aan de teen van de waterkering achter de haven.

#### 2.2.1 Waterstanden

De waterstand zoals geldt buiten de haven is ook de ontwerpwaterstand voor de waterkering zoals hier te ontwerpen. Deze ontwerpwaterstand is NAP+5,75 m. De ontwerpwaterstand voor de damwandconstructies is gelijk aan NAP+6,19 m. Zie hiervoor de berekening in bijlage E. Naast de ontwerpwaterstanden zijn voor de haven van Breskens de volgende waterstanden van toepassing<sup>1</sup>.

Tabel 2.2 Waterstand haven Breskens

	Laagwater [NAP+...m]	Hoogwater [NAP+...m]
Springtij	-2,04	+2,43
Gemiddeld getij	-1,81	+2,05
Doodtij	-1,47	+1,55

In de berekening worden onderstaande uitgangspunten aangehouden:

- Getijde:
  - GHW = NAP+2,10 m.
  - GLW = NAP-1,81 m.
- Grondwaterstand binnenzijde = NAP+2,92 m op basis van drooglegging van 1,0 m onder maaiveld
- Ontwerpwaterstand = NAP+5,75 m
- Gemiddelde buitenwaterstand GBWS = NAP+3,13 m (is bepaald in overleg met projectbureau Zeeweringen).

<sup>1</sup> [www.waternormalen.nl](http://www.waternormalen.nl) voor Vlissingen

**2.2.2 Golfrandvoorwaarden**

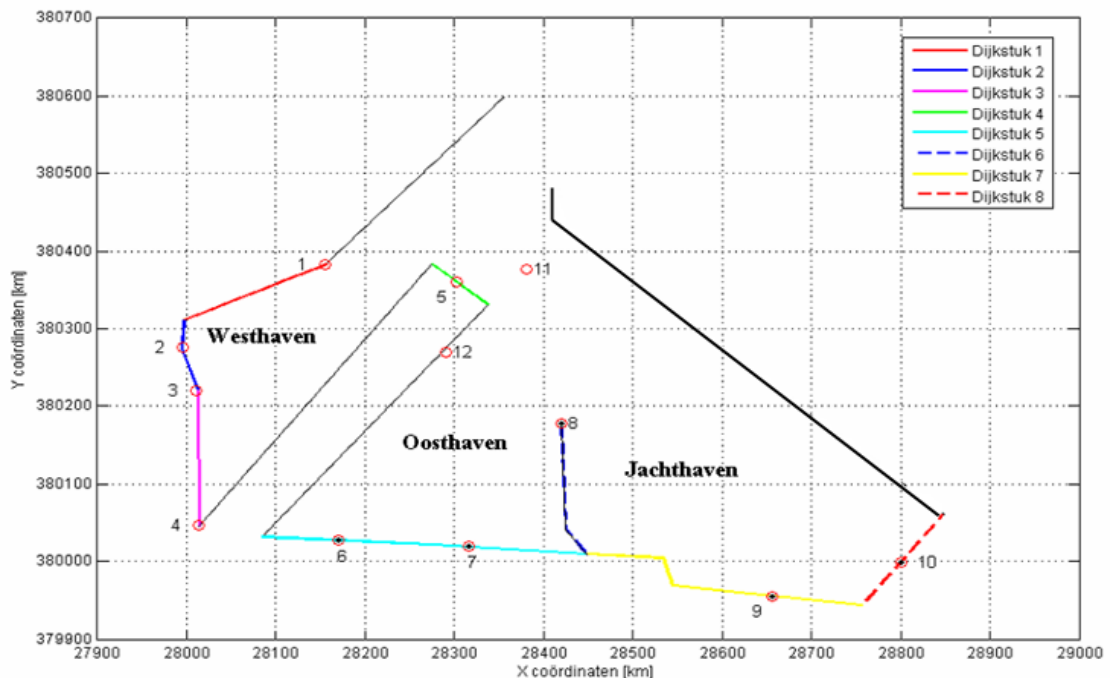
De basis van de te hanteren golfrandvoorwaarden ter plaatse van de waterkering is het golfmodel voor de Westerschelde. Dat model geeft in de monding van de haven golven met  $H_s=2,06$  m en  $T_p=5,85$  s gegeven een normfrequentie van 1/4000 per jaar. Deze waarden zijn rekenkundige gemiddelden over de vijf windrichtingen waarvoor de golfhoogte en -periode is bepaald [6].

Met behulp van het rekenmodel 'Golfbelastingen in havens en afgesloten gebieden' zijn de golfrandvoorwaarden in de monding van haven doorgerekend naar randvoorwaarden ter plaatse van de dijk. Hiervoor is de dijk opgedeeld in dijkstukken zoals gegeven in onderstaande figuur.

Conform het advies in §6.6 van 'memo update golfcondities Breskens' [6] wordt uitgegaan van een Oostelijke havendam met een kruin op NAP+4,50 m en een half open structuur. Voor de dijkstukken 3, 5 en 7 zijn de volgende golfrandvoorwaarden ter plaatse van de teen van de dijk afgeleid. Voor het ontwerp wordt alleen dijkstuk 5 gebruikt.

Tabel 2.3 Te hanteren golfrandvoorwaarden ter plaatse van de waterkering

Dijk- stuk	$H_s$ [m] bij waterstand t.o.v. NAP				$T_{pm}$ [s] bij waterstand t.o.v. NAP				Windrichting [°] nautisch bij waterstand t.o.v. NAP			
	+2m	+4m	OP	+6m	+2m	+4m	OP	+6m	+2m	+4m	OP	+6m
3	0,65	0,84	1,21	1,33	4,39	4,69	4,93	4,97	30	30	30	30
5	0,72	0,91	1,29	1,46	5,60	6,58	6,33	7,44	300	300	300	300
7	0,80	0,93	1,36	1,50	6,70	7,47	7,44	7,44	300	300	300	300



Figuur 2.1 Indeling waterkering in dijkstukken

- Golfhoogte = 1,29 m
- Golfperiode = 6,33 s
- Middenstandverhoging ten gevolge van golven = 0,44 m (zie hieronder)

### 2.2.3 Golfbelasting op keermuur

De golfbelasting op de keermuur is quasi-dynamisch. In stabiliteitsberekeningen is uitgegaan van een horizontale kracht van 12,5 kN/m (representatieve waarde) aangrijpend op 0,35 m boven buitenkruinlijn. Zie voor de volledige berekening bijlage C. In overleg tussen PBZ en Lieveense is besloten de kracht te berekenen op basis van een 0,1% overschrijding. Dit is conform het ontwerp dat Deltares heeft gemaakt voor de keermuur in de zwakke schakel in Breskens West. Hiermee ontstaat een uniforme ontwerppraktijk. Daarbij blijken de nu berekende krachten zodanig laag dat de keermuur gebaseerd is op praktische afmetingen. Dit resulteert in een veilig ontwerp zonder significante meerkosten.

### 2.2.4 Freatische lijn bij ontwerppeil

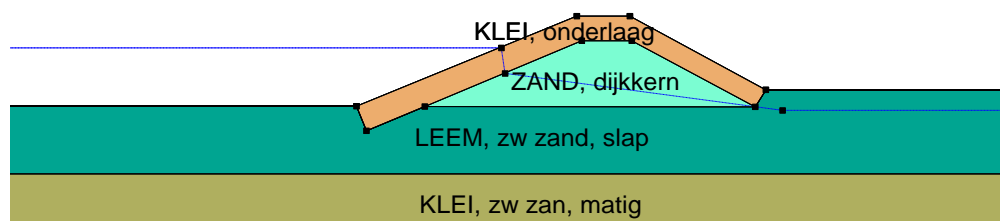
Voor het schematiseren van de freatische lijn in een waterkering zijn verschillende modellen beschikbaar. Deze zijn echter met name gericht op rivierdijken waarbij een lange periode van hoogwater optreedt. Door de lange duur kan de freatische lijn in de dijk zich dan sterk aanpassen aan de buitenwaterstand.

Breskens ligt in een getijdengebied waardoor de periode van hoog water relatief kort is ten opzichte van de hydrodynamische periode van het dijklichaam. In overleg tussen PBZ en ENW is daarom besloten de freatische lijn op het gemiddelde aan te houden tussen het ontwerppeil en de gemiddelde waterstand. Dit niveau is, per e-mail zie bijlage A, door PBZ als randvoorwaarde opgegeven op NAP+3,00 m.

## 2.3 Geotechnische randvoorwaarden

### 2.3.1 Grondopbouw dijklichaam

Voor het ontwerp van de keermuur is gebruik gemaakt van onderstaande, geschematiseerde, grondopbouw van de dijk. Deze opbouw is gebaseerd op sondering 17 uit het recent door Fugro uitgevoerd grondonderzoek [10].



Figuur 2.2 Grondopbouw dijkprofiel

Aan de verschillende lagen zijn de eigenschappen toegekend zoals gegeven in onderstaande tabel.

Tabel 2.4 Representatieve grondparameters dijkprofiel

Grondlaag	$\gamma_{dr,rep}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat,rep}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'_{rep}$ [°]	$c'_{rep}$ [kPa]
klei, onderlaag	17,50	17,5	17,5	5
zand, dijk kern	18	20	32,5	0
leem, zw zandig, slap	19	19	27,5	0
klei, zw zand, matig	18	18	22,5	5

## **2.4 Geometrische randvoorwaarden en uitgangspunten**

### **2.4.1 Algemeen**

De geometrie van de dijk is overgenomen uit ingemeten profielen die beschikbaar zijn gesteld door PBZ, tekening Breskens PBZ DWP; 01-027; datum 11-05-2011.

### **2.4.2 Kruinhoogte**

De kerende hoogte van de te ontwerpen keermuur is bepaald op NAP+8,20 m. Dit komt overeen met de damwand in de afsnijding van het Spuiplein zoals enkele jaren geleden uitgevoerd. Deze hoogte is opgegeven door PBZ en is ook onderbouwd met overslagberekeningen, zie bijlage A.

### **2.4.3 Funderingsniveau**

Om voldoende wrijving op te kunnen wekken tussen het funderingsvlak en de keermuur gaat de voorkeur uit naar funderen op zand. De dijk ter plaatse bestaat uit een zandkern met een kleideklaag. De fundering wordt als uitgangspunt op de zandkern geplaatst.

### 3. DEFINITIEF ONTWERP KEERMUUR

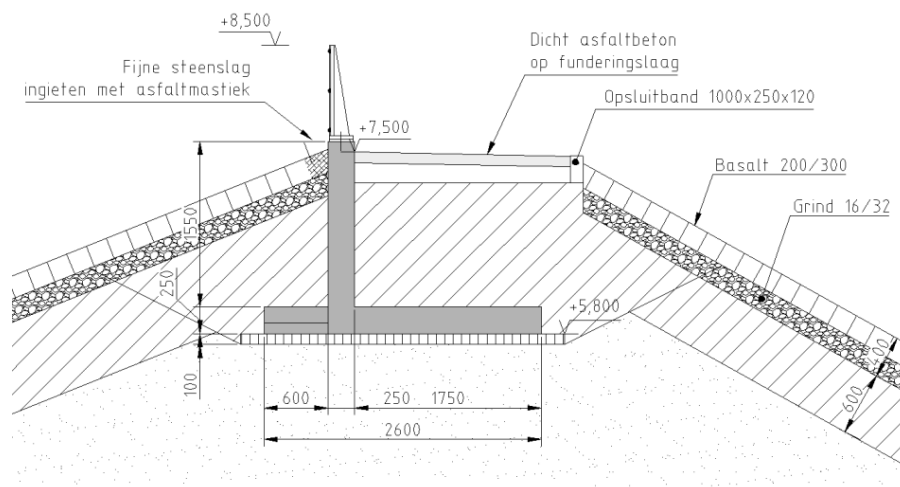
#### 3.1 Inleiding ontwerp

Op het gedeelte van de dijk wordt een keermuur toegepast. De keermuur wordt in de dijk gesitueerd. Op de bovenzijde van de betonnen wand, welke 10 cm uit de dijk steekt, komt een glazen wand. De volgende aspecten van de keermuur zijn van belang:

- Keermuur funderen op NAP+5,80 m. Dit is op de zandkern wat een beter funderingsvlak geeft dan de hoger gelegen klei, en het voorkomt opdrijven bij hoogwater.
- De keermuur zal tweezijdig kerend zijn. Onder maatgevende omstandigheden is dit binnenwaarts door de golfbelasting. Onder dagelijkse omstandigheden is dit buitenwaarts door de aanvulling en bovenbelasting aan de binnendijkse zijde van de keermuur.
- Bovenkant keermuur op NAP+8,20 m.
- Voor het debiet ten gevolge van golfoverslag worden geen extra maatregelen genomen bij het ontwerp van de keermuur met een glazen wand.
- De bouwvolgorde van de keermuur is als volgt aangenomen:
  - gedeeltelijk afgraven van het dijklichaam;
  - aanbrengen stelvloer;
  - aanbrengen keermuur;
  - aanvullen met klei;
  - aanbrengen zetlaag basalt;
  - herzetten basalt en aanleggen voetpad;
  - aanbrengen steenslag bij aansluiting op keermuur en ingieten met asfaltmastiek.
- Ter plaatste van de tribune is de doorsnede anders dan in de dijk. De keermuur wordt wel doorgezet, maar dan in de vorm van een H-bak.

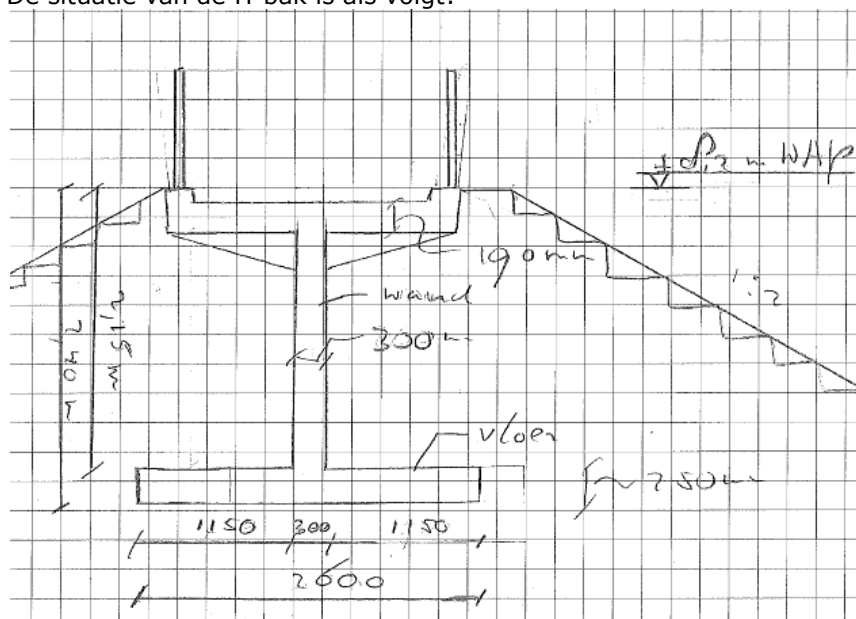
##### 3.1.1 Situatie

De keermuur constructie ziet er als volgt uit:



Figuur 3.1 Principe doorsnede keermuur

De situatie van de H-bak is als volgt:



Figuur 3.2 Principe doorsnede keermuur ter plaatse van tribune

### 3.1.2 Belastingen

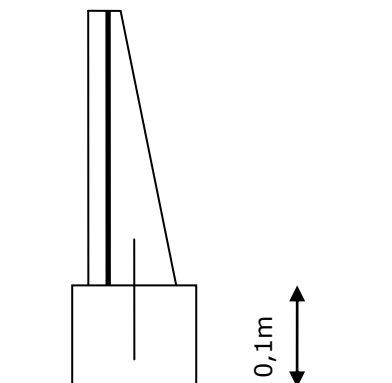
De aangehouden belastingen op de wand zijn als volgt:

- Golfbelasting van  $12,5\text{kN/m}^2$  op aangrijpniveau van  $0,35\text{m}$  boven kruin dijk.
- Windbelasting: zowel zuiging als druk wordt totaal  $1,056\text{kN/m}^2$  (Gebied II; hoogte 10 meter; onbebouwd)
- Horizontale grond belasting (verschil met gronddruk aan beide zijde).

### 3.1.3 Gegevens materialen

De aangehouden uitgangspunten van de glazen wand zijn als volgt:

- De dikte van de glazenwand wordt aangehouden op  $30\text{mm}$
- De hart op hart afstand van de staanders is  $1,5$  meter (conform document LR44; Loopbrug dijkverhoging Breskens 2013; buurtpresentatie 08-03-2012)
- De RVS staanders bestaan uit een samengesteld profiel conform onderstaande afbeelding (conform architect),



- RVS kwaliteit **AISI 316Ti** (EN 1.4401), rekgrens van  $220\text{N/mm}^2$ , geschikt voor zoutwater

- Keuze beton kwaliteit: C28/35
- Dekking 50mm (conform eurocode tabel 4.3N en 4.4N; S6, (XC4;XD3;XS3;XF4;XA1)
- Wapeningsstaal B 500B/C

### 3.2 Stabiliteit keerwand

De stabiliteit van de keerwand is getoetst door de rekenregels in te voeren in een Excel rekenspreadsheet. Deze berekeningen zijn toegevoegd in bijlage B. Er zijn twee typen berekeningen uitgevoerd, namelijk het principe van de keerwand en die van de H-bak. In de berekening wordt naast de stabiliteit ook op afschuiving en het draagvermogen getoetst. Uit deze berekening is gebleken dat de keerwand stabiel is. De keermuur voldoet aan de eisen voor het geotechnisch ontwerp in combinatie met de golfbelasting.

#### 3.2.1 Afschuiven en kantelen keerwand

Onderstaande tabel geeft de samenvatting van de resultaten van de keerwand.

Tabel 3.1 Samenvatting resultaten keerwand

Onderdeel	Stabiliteit	Controle afschuiving	Controle draagkracht	Invloedsdiepte [m]
Eis	$e_B < B/3?$	$S'_{r;d}/F_{s;h;d}$	$F_{r;v;d}/F_{s;v;d}$	$Z_e$
Hoge waarde	OK	4,07	1,23	3,32
Hw zonder BB	OK	1,75	1,12	2,96
Hw zonder golf	OK	25,81	1,85	4,44
Lage waarde	OK	3,15	1,38	3,24
Lw zonder BB	OK	1,22	1,11	2,52
Lw zonder golf	OK	-4,94	2,17	4,89

Onderstaande tabel geeft de samenvatting van de resultaten van de keermuur (in de vorm van een H) t.p.v. de aansluiting met damwand.

Tabel 3.2 Samenvatting resultaten keerwand

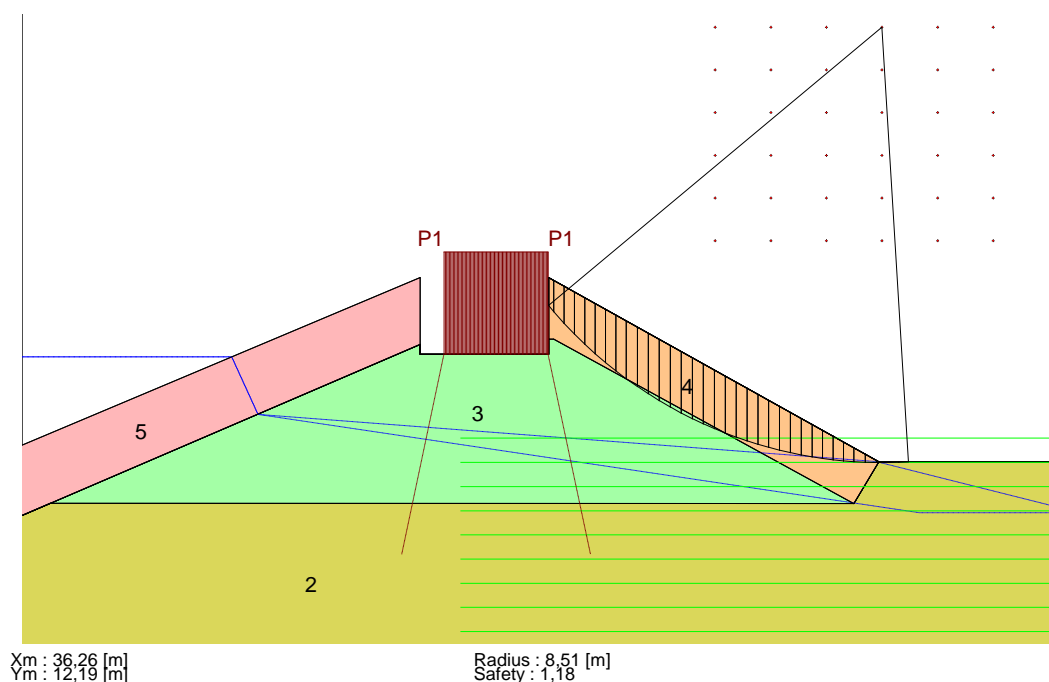
Onderdeel	Stabiliteit	Controle afschuiving	Controle draagkracht	Invloedsdiepte [m]
Eis	$e_B < B/3?$	$S'_{r;d}/F_{s;h;d}$	$F_{r;v;d}/F_{s;v;d}$	$Z_e$
Hoge waarde	OK	1,90	1,08	2,77
Hw zonder BB	OK	2,31	1,01	3,46
Hw zonder golf	OK	-8,52	1,49	4,11
Lage waarde	OK	80,62	1,43	3,04
Lw zonder BB	OK	5,98	1,39	2,95
Lw zonder golf	OK	-3,54	1,87	4,39

Aangezien met rekenwaarden van de sterkte en belasting is gerekend dienen de veiligheidsfactoren groter dan 1,0 te zijn. Op alle getoetste onderdelen voldoet het gemaakte ontwerp. Het meest kritisch is de verticale draagkracht. Reden hiervoor is dat het binnentalud zeer steil is waardoor de weerstand voor afschuiving volgens Prandtl minimaal is.

#### 3.2.2 Macro stabiliteit binnentalud

Het talud aan de binnenzijde van het dijkprofiel is zeer steil. Dit bleek ook al kritisch te zijn voor het geotechnisch ontwerp. Om de totale stabiliteit van het profiel te kunnen bepalen is voor het mechanisme STBI een MStab berekening gemaakt. Hierbij is gebruik

gemaakt van het model van Bishop. De freatische lijn is vanaf het buitentalud van het loodrecht op de deklaag naar beneden gelaten. Bij de situatie met drainage loopt de freatische lijn vervolgens naar het drainage niveau op ca. NAP+2,90 m. Bij falende drainage is de freatische lijn naar de binnenteen getrokken. Het betreft hier de drainage die als in de wegkant aanwezig is om water af te voeren. De helling van het binnentalud is op basis van de inmetingen aangehouden op 1:1,8. De benodigde veiligheidsfactor tegen afschuiven moet minimaal 1,16 zijn. Deze is berekend in bijlage D. De maatgevende glijcirkel gaat door de kleideklaag en heeft een veiligheid van 1,18, zie onderstaande figuur.



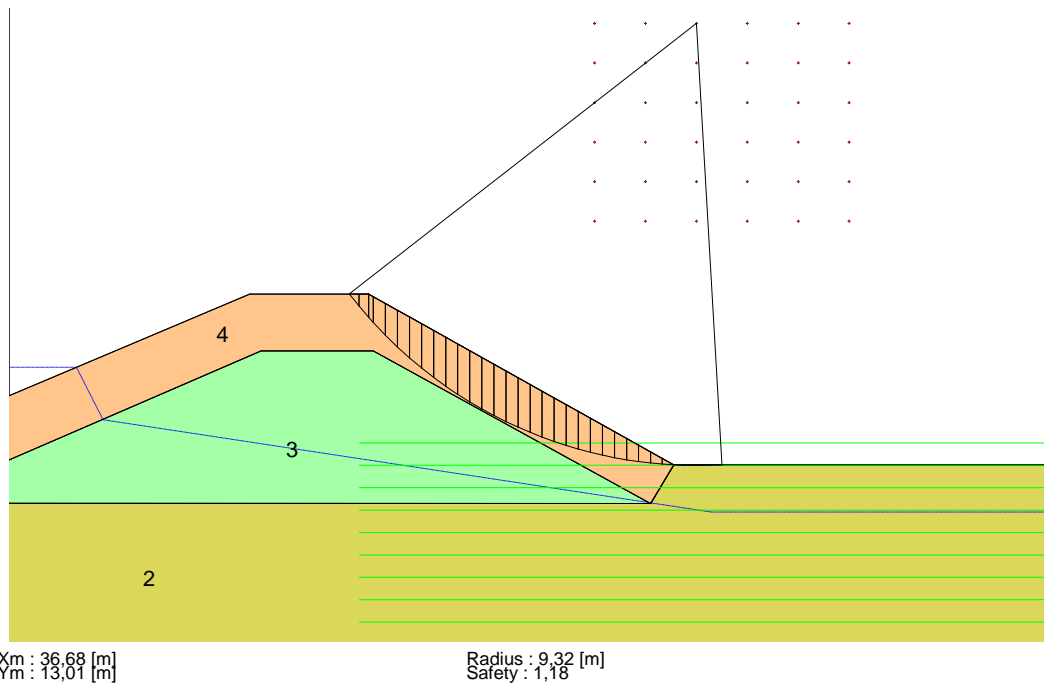
Figuur 3.3 Resultaat STBI

Zoals in de afbeelding is te zien is gerekend met twee freatische lijnen. Op basis van de aanwezige drainage in de binnenteen is de onderste freatische lijn de meest waarschijnlijke. Echter bij falende drainage zal de freatische lijn aan de binnenteen raken en zo de korrelspanningen in het dijklichaam verlagen.

De maatgevende glijcirkel is slechts oppervlakkig maar snijdt wel in in de kruin van de dijk. Hierdoor moet worden aangenomen dat deze cirkel daadwerkelijk tot het bezwijken van de waterkering leidt. Aangezien de veiligheidsfactor hoger is dan de eis voldoet de constructie.

Onderstaande figuur geeft dezelfde berekening maar dan zonder keermuur. Hieruit blijkt dat de keermuur geen invloed heeft de binnenwaartse macrostabiliteit van het dijklichaam.



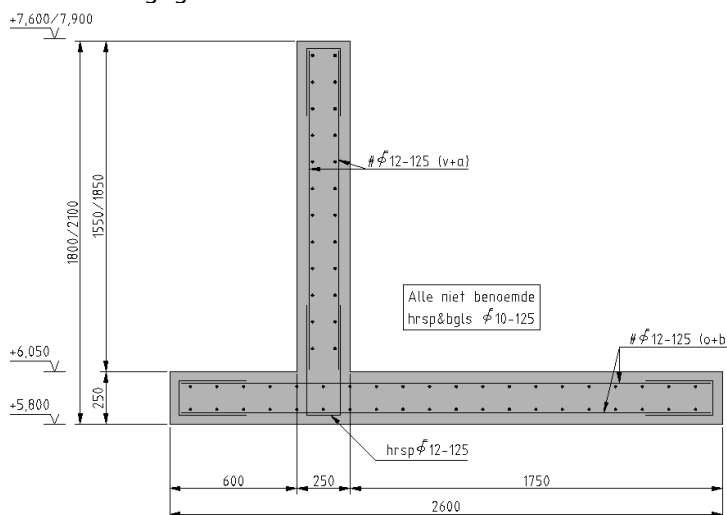


Figuur 3.4 Glijcirkel in bestaande situatie

### 3.3 Controle constructie keerwand

#### 3.3.1 Berekening betonconstructie keerwand

De berekening van de sterkte van de keermuur is uitgevoerd middels een handmatige berekening. Deze berekening is toegevoegd in bijlage H. In de handberekening is een berekening gemaakt van de staanders met bevestiging op de keerwand en er is een controle uitgevoerd van het beton inclusief wapening. Op onderstaande afbeelding is de situatie weergegeven.



PRINCIPE DOORSNEDE KEERMUUR

Figuur 3.5 doorsnede keermuur

### 3.3.2 Berekening staanders

De staanders van de glazen wand staan hart op hart 1,5 meter. Het aangrijpniveau van de kracht is 0,25 meter boven de betonnen keermuur. Het maximale optredende moment in de staanders is 7,1 kNm (zie bijlage H).

Keuze samengesteld T-profiel:  $W=68000 \text{ mm}^3$

$M/W = 7,1 \text{ kNm} / 68000 \text{ mm}^3 = 105 \text{ N/mm}^2$

Controle  $105/220 < 0,48$  akkoord

Het betreft een samengesteld profiel vanwege de vorm. De hoogte van het profiel varieert, waarbij deze aan de onderzijde het grootst is. Het moment is hier ook maximaal, en zal naar boven afnemen naar 0 kNm. Voor de dikte van het lijf en de flens van het T-profiel wordt 8mm aangehouden.

### 3.3.3 Bevestiging staanders

Voor de bevestiging van de staanders wordt gebruik gemaakt van 2 ankers. Bij controle van de ankers is de trekkracht bepaald door het optredende moment tgv de golfbelasting te delen door de hefboomsarm. Deze is aangehouden op 2/3 van de halve breedte van de voetplaat. Voor de afschuiving is de totale golfbelasting meegenomen. De krachten worden verdeeld over twee bouten. De keuze van de bouten is 2x M16 (8.8), welke in het hart van het profiel komen te zitten.

De controle wordt dan als volgt:

$$\frac{F_{v;s;d_i}}{F_{v;u;d}} + \frac{F_{t;u;d}}{1,4 \cdot F_{t;u;d}} \leq 1,0$$

Invullen geeft:

$$UC = \frac{14,1}{51,5} + \frac{40,23}{1,4 \cdot 76,87} = 0,65 \leq 1,0 \text{ akkoord}$$

De ankers worden ingestort in de betonnen keermuur, zie bijlage H.

### 3.3.4 Berekening keermuur

Voor de dikte van de keermuur is voor de wand en de vloer gekozen voor 250mm. De onderkant van de keermuur vloer wordt aangehouden op NAP+5,8 m. De wapening in de keermuur is bepaald aan de hand van het optredend moment dat wordt veroorzaakt door de golfbelasting. Het moment door verschil in gronddruk is werkzaam in de andere richting en is niet maatgevend ten opzichte van de golfbelasting. Het moment in de keermuur is 34,7 kNm, bij een arm van 1,85m (zie bijlage H). De wapening die wordt toegepast is  $\phi 12-125$  aan beide zijde.

### 3.3.5 Berekening betonconstructie H-bak

De H-bak welke toegepast wordt bij de bestaande trap bestaat uit een keermuur met daarop het looppad zoals deze is ontworpen voor op de damwand. De wapening in de H-bak is bepaald aan de hand van het optredend moment dat wordt veroorzaakt door de golfbelasting en een exentrische variabele belasting op het wandelpad. De onderkant van de vloer wordt hetzelfde aangehouden als bij de keermuur, waardoor de hoogte van het aangrijpniveau niet verandert. De dikte van de wand is aangehouden op 300 mm. Het moment door verschil in gronddruk is werkzaam in de andere richting en is niet maatgevend ten opzichte van de golfbelasting. Het moment in de H-bak wordt dan

38,5 kNm, bij een arm van 1,85m (zie bijlage H). De wapening die wordt toegepast is  $\varnothing 12-125$  aan beide zijden.

### **3.4 Conclusie**

De ontworpen keermuur voldoet aan de eisen voor het geotechnisch ontwerp en aan de opgegeven kruinhoogte van NAP+8,20 m.

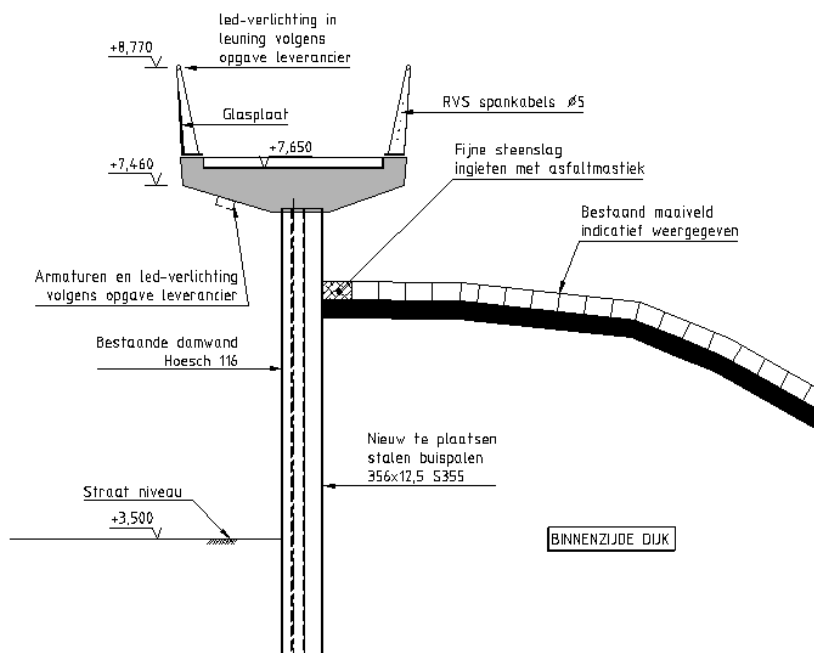
## 4. DEFINITIEF ONTWERP DAMWAND STANDFAST

### 4.1 Inleiding

Ter plaatse van de Vissersteiger en jachtwerf Standfast wordt de waterkering gevormd door een damwand. Deze damwand is gebouwd omstreeks 1971 en bestaat uit planken van het type Hoesch H116. Deze damwand is voor de bestaande situatie getoetst op sterkte en stabiliteit. De resultaten van deze toetsing zijn gegeven in de memo "Toetsing bestaande damwand Standfast" [11]. In tegenstelling tot de vereiste veiligheidsklasse III wordt in de bestaande situatie slechts veiligheidsklasse II gehaald.

Het voetpad aan de binnenzijde van de damwand ligt op ca. NAP+6,50 m, een meter lager dus dan de aansluitende voetpaden richting het oosten en westen. De kruin van de damwand ligt nu op NAP+7,50 m. Deze constructie zal moeten worden opgehoogd tot NAP+8,5 m. Om het voetpad aantrekkelijk en goed begaanbaar te houden is de wens het voetpad op te hogen tot NAP+7,65 m. Hiermee komt het nagenoeg op gelijke hoogte met de aansluitende voetpaden en blijven de zichtlijnen richting de Westerschelde behouden door het toepassen van een glazen wand.

Deze ophoging zorgt voor een verhoging van de belasting op de bestaande damwand. De grotere belasting wordt veroorzaakt door het eigen gewicht van de bak en de belasting uit bijvoorbeeld voetgangers die gebruik maken van het wandelpad in de bak. Aangezien deze in de huidige situatie al niet het gewenste veiligheidsniveau haalt, zal de nieuwe constructie op de damwand hierop geen positief effect hebben. Om meer draagvermogen te creëren worden er palen toegepast om de 3,15 m. Hierbij zal het talud tot het huidige niveau gehandhaafd kunnen worden. Op onderstaande afbeelding is de nieuwe situatie weergegeven.



Figuur 4.1 Principe doorsnede keermuur

## 4.2 Eigenschappen damwand

Op basis van de beschikbare tekening is gerekend met een damwandprofiel Hoesch H116. Onderstaande tabel geeft de eigenschappen van dit type plank weer.

Tabel 4.1 Eigenschappen H116

Eigenschap	Waarde
Hoogte [mm]	250
Breedte enkele plank [mm]	525
Wanddikte flens [mm]	9,3
W [cm <sup>3</sup> /m]	1200
I [cm <sup>4</sup> /m]	15.000
Vloeispanning $f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	240
Opneembaar moment [kNm/m]	288 (na corrosie 210)

## 4.3 Berekening damwand

Bij de bestaande damwand bij Breskens wordt een voetpad op de damwand geplaatst met een glazenwand, zodat de golf bij een extreme situatie gekeerd kan worden. De bestaande damwand wordt getoetst met behulp van het programma D-sheetpiling versie 9.2. Er wordt één doorsnede doorgerekend, namelijk de doorsnede van de bestaande damwand met de betonnen bak met voetpad in het midden. Het dijkniveau aan actieve zijde van de damwand is in de huidige situatie NAP+6,5 m. In de nieuwe situatie kan dit niveau worden gehandhaafd.

### 4.3.1 Krachten op damwand

#### Eigen gewicht:

De krachten op het damwand worden veroorzaakt door de nieuwe loopvoorziening op de damwand. Hierbij wordt de bestaande deksloof gesloopt en zal er een nieuwe deksloof inclusief looppad van beton op de damwand worden geplaatst. Het gewicht van de loopvoorziening is als volgt bepaald:

Tabel 4.2 Berekening eigen gewicht constructie

totaal $F_{d;optredend}$ :		gegevens:		
<b>Permanente belasting</b>		dikte vloer	0,19 m	
gewicht loopbrug (dek) 18,6 kN/m		Eurodal platen	0,12 m	
Gewicht leuning 2x 2,0 kN/m		breedte constructie	2,5 m	
Gewicht damwand plank 9,4 kN/m		gewicht beton	24 kN/m <sup>3</sup>	
Gewicht deksloof 4,8 kN/m		breedte opstort	0,25 m	
opstortjes (excl. vloer) 0,1 kN/m		hoogte tpv opstort	0,32 m	
parapet 2x 7,17 kN/m		gewicht plank	116 kg/m <sup>2</sup>	
Totaal: 42,1 kN/m		b.k. plank	7,5 m +NAP	
		o.k. plank	0,58 m -NAP	
		breedte deksloof	0,65 m	(excl. vloer)
		hoogte deksloof	0,31 m	
<b>Variabele belasting</b>		breedte looppad	2 m	
voetpad (5kN/m <sup>2</sup> ) 10,0 kN/m		gewicht leuning	1 kN/kant	
		gewicht beton parapet	25 kN/m <sup>3</sup>	
		gewicht paal		
		356*12,5mm	106 kg/m	

Totaal: Fd (incl. veiligheid)	<b>65,5 kN/m1</b>	veiligheidsfactor PB	1,2
		veiligheidsfactor VB	1,5
gewicht buispaal (F <sub>rep.</sub> )	16,96 kN		
systeemmaat	3,15 m		
gewicht per paal	226,7 kN/paal	(=65,5kN*3,15m + 16,96kN*1,2)	

#### Moment variabele belasting:

Bij een variabele belasting aan één zijde van het voetpad treedt er een moment op in de damwand. Bij laag water geeft dit, wanneer de belasting aan de buitenzijde optreedt, een nadelig moment ten behoeve van de stabiliteit. Hierbij neemt de belasting iets af, namelijk  $65,5\text{kN} - (5\text{kN/m}^2 * 1,5(\gamma) * 1\text{m}) = 50,5\text{kN}$ . Het moment wat optreedt door variabele belasting wordt dan  $5\text{kN/m}^2 * 1,5(\gamma) * 1\text{m}/0,5 = 3,85\text{ kNm}$ .

#### Moment golfbelasting:

Bij een golfbelasting treed er een moment op in de wand. In D-Sheetpiling wordt de bovenkant van de damwand op NAP+7,5 m geplaatst. De golfbelasting treedt op NAP+8,05 m op, dit betekent dat de arm 0,55 m bedraagt. Dit geeft een moment van  $12,5\text{kN} * 1,5 * 0,55\text{ m} = 10,3\text{ kNm}$  op het damwand.

#### Bepalen veerwaarde paal:

De funderingspalen die aan de landzijde van de bestaande damwand worden geplaatst dragen bij aan de stabiliteit van de wand. De palen worden in een bestaande situatie geplaatst waarbij er een nulsituatie aanwezig is, waarbij er geen krachten in de palen komen. Wanneer de nulsituatie negatief verandert treedt er een horizontale kracht op in de palen. De damwand en de palen worden immers aan de bovenzijde gekoppeld door middel van de deksloof en de betonnen bak.

In de D-Sheetpiling berekening wordt de eerste fase gezien als de nulsituatie, waarbij deze niet wordt gecontroleerd. Uit eerder onderzoek is gebleken dat de bestaande damwand niet voldoet in huidige klasse III, maar wel in de huidige klasse II. Doordat er palen worden toegepast voor het opnemen van draagvermogen en deze worden gekoppeld aan de damwand neemt ook de stabiliteit toe. Hiermee kan de bestaande damwand worden geüpgrade naar klasse III. De simulatie van de palen in D-Sheetpiling wordt in de vorm van een veerwaarden uitgevoerd. De veerwaarde van de funderingspalen is bepaald aan de hand van de single pile module van D-Sheetpiling (zie bijlage J. Hierbij is iteratief bepaald of de doorbuiging door een horizontale kracht gelijk is met de damwand berekening. Bij een ingevoerde horizontale kracht van 17,5 kN, wordt er een doorbuiging bereikt van 48mm, die gelijk is met de doorbuiging van de damwand. De veerwaarde wordt dan:  $(F/u = k) = 17,5\text{kN} / 0,048\text{m} = 365\text{ kN/m/paal}$  en dit is per  $\text{m}^1$   $365 / 3,15 = 116\text{ kN/m/m}^1$ .

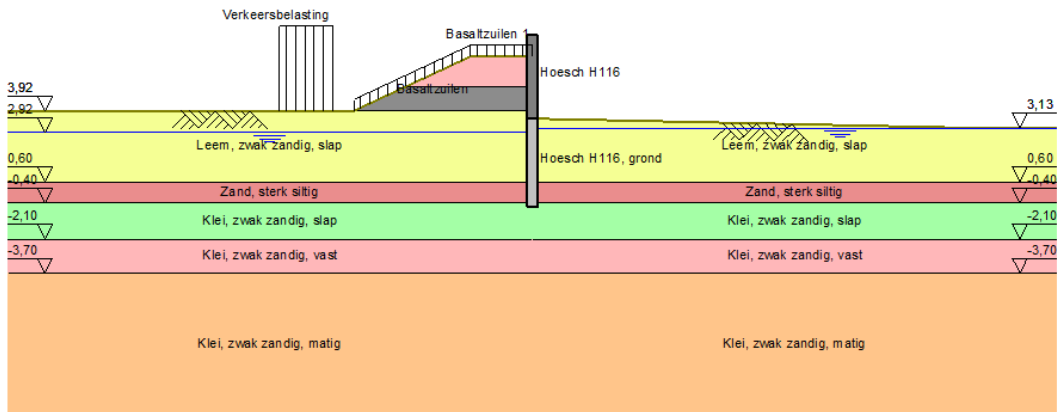
Het maximale moment in de paal is 87,3kNm. De paal  $\text{Ø}356 * 12,5\text{ mm}$  kan 397 kNm opnemen (exclusief corrosie). Controle geeft een u.c. van  $87,3 / 397 = 0,22 < 1,0$  dus akkoord. De verticale kracht in de paal is 228kN, dit betekend een normaal kracht van  $F/a = 228 * 10^3 / 13489\text{ mm}^2 = 17\text{N/mm}^2$ . Dit geeft een UC van  $17 / 355 = 0,05$ . Controle wordt dan:  $(0,05 + 0,22) < 0,27$  dus akkoord.

**4.3.2 Fasering**

De indeling van de faseringen in D-sheetpiling zijn als volgt:

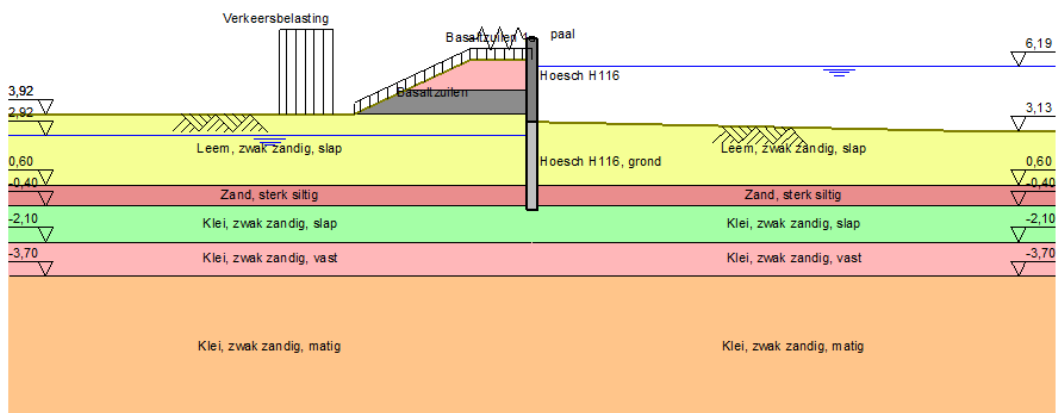
- Fase 1: Beginsituatie:

**Overzicht - Fase 1: Beginsituatie**



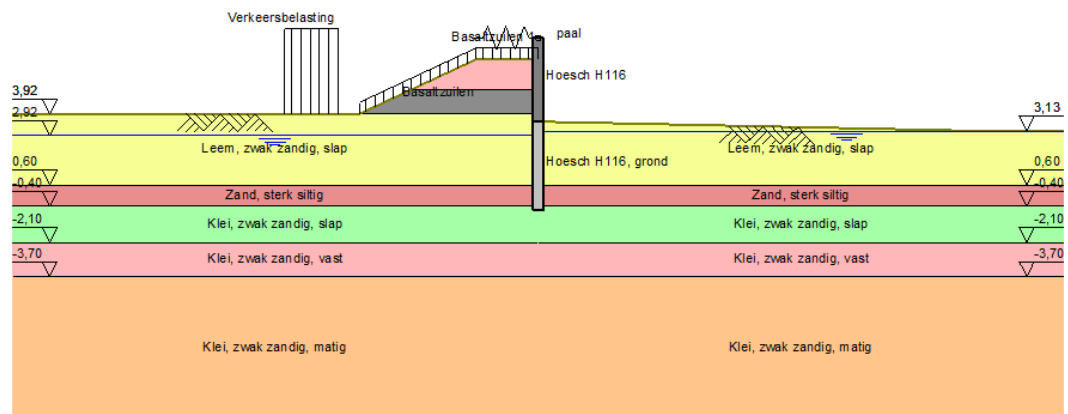
- Fase 2: Huidige situatie ontwerppeil:  
Met een waterstand van NAP+6,19 m aan de buitenzijde

**Overzicht - Fase 2: Huidige situatie Ontwerppeil**



- Fase 3: Huidige situatie MHW:  
Met een waterstand van maaiveld buiten (NAP+3,13 m)

### Overzicht - Fase 3: Huidige situatie MHW



#### 4.3.3 Samenvatting berekeningsresultaten

Het uitgebreide berekeningsrapport is bijgevoegd in bijlage F. Onderstaande tabel geeft de samenvatting van de resultaten.

Tabel 4.3 Samenvatting resultaten damwand

	Doorsnede voetpad hart damwand
$M_{opneembaar}$ [kNm/m]	210
$M_{optredend}$ [kNm/m]	44,6
Overall stabiliteit [-]	1,79
$u_{bgt}$ [mm]	46,3
% weerstand	66,8

#### 4.3.4 Berekeningscontrole bestaande damwand

De controle van de damwand wordt getoetst door optredend moment te delen door opneembaar moment damwand. Het opneembaar moment van een Hoesch 116 is 210kNm (incl. corrosie).

Controle doorsnede voetpad hart damwand:

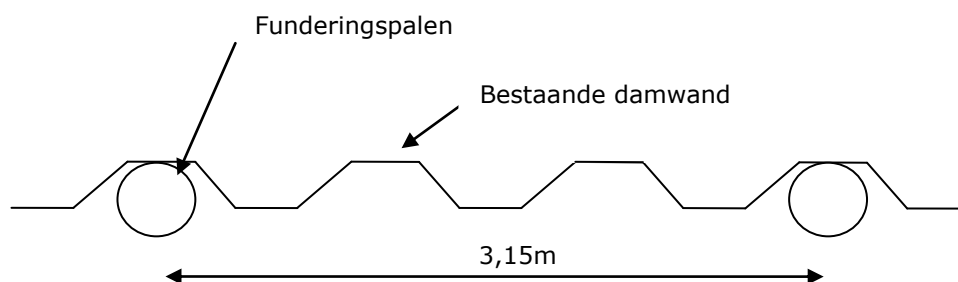
Het maximaal optredende moment is 44,6kNm

UC is  $44,6 / 210 = 0,21 < 1,0$  akkoord



## 4.4 Draagvermogen funderingspalen

### 4.4.1 Principeschets



### 4.4.2 Belastingen

Op de funderingspalen komen onderstaande belastingen.

- Veranderlijke belasting van personen (5kN/m<sup>2</sup>; dit is conform de NEN6702)
- Eigengewicht funderingspalen
- Gewicht betonconstructie
- Gewicht damwand (Conservatieve benadering omdat er een evenwichtig bestaande situatie aanwezig is.)

### 4.4.3 Sondering

Voor de grondgegevens is gebruik gemaakt van sondering DKM M16. Voor het paalpunt niveau wordt NAP-9 m aangehouden, dit is in een zandlaag van ca. 2 meter.

### 4.4.4 Funderingspalen

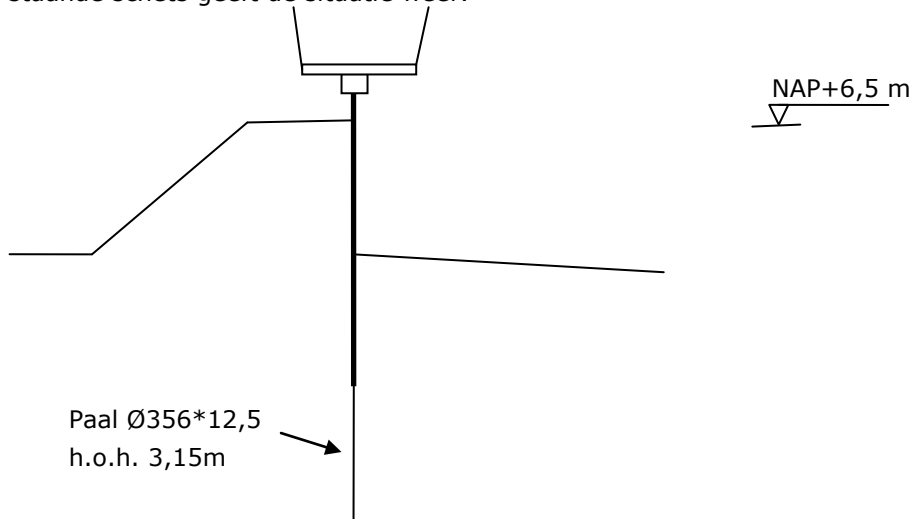
Voor de funderingspalen is gekozen voor palen Ø356\*12,5mm. De palen komen hart op hart 3,15 m. De palen dienen om de verticale kracht op te nemen. Het draagvermogen van één paal bij een inheinniveau van NAP-9 m bedraagt 265 kN (zie bijlage I). Optredend is  $3,15\text{m} * 65,5 \text{ kN/m}^1 + 16,96\text{kN} * 1,2 \text{ (EG paal)} = 226,7 \text{ kN}$ . De lengte van de palen wordt hierbij ongeveer 17 m.

Controle geeft  $226,7 / 265 = 0,86 < 1,0$  akkoord

De horizontale kracht wordt grotendeels opgenomen door de damwand. Bij plaatsing van de palen is de bestaande damwand met het talud in een nulsituatie. In de nieuwe situatie nemen de grondspanningen niet toe, waardoor er geen belastingen opgenomen behoeven te worden door de palen. Wel kunnen er bij het variëren van de waterstand extra krachten optreden. Bij een negatief verval wordt dit ongunstiger voor de damwand en bij een positief verval zal dit geen invloed hebben op de palen. Bij hoog water is er sprake van een positief verval, wat dus geen invloed op de palen heeft. Ook de golfbelasting geeft een extra kracht tegen de damwand. Vanuit de damwand wordt de golfbelasting direct opgenomen door het dijklichaam en werkt dus positief en zal dan ook geen invloed hebben op de palen. Het niveau van de dijk aan de binnenzijde van de damwand zal uitkomen op NAP+6,5 m, conform bestaande situatie.

#### 4.4.5 Conclusie

Bij de oplossing van palen  $\varnothing 356\text{mm}$  (h.o.h. 3,15 m), voldoet het draagvermogen van de constructie en kan het maaiveld aan de binnen zijde uitkomen op NAP+6,5 m. Onderstaande schets geeft de situatie weer.



Het draagvermogen van de palen is voldoende. De opname van de horizontale kracht en stabiliteit wordt ontleend aan de bestaande damwand. Voor de palen is aangehouden dat deze krachten zeer klein zijn. Voor berekening horizontale krachten zie paragraaf 4.3.1.

#### 4.5 Betonnen voetpad

##### 4.5.1 Belastingen op betonnen voetpad

De belastingen zijn als volgt:

- De variabele belasting is  $5\text{kN/m}^2$ .
- Schatting gewicht leuning
- Horizontale golfbelasting van  $12,5\text{kN/m}$
- Horizontale windbelasting (wordt niet meegenomen, omdat golf maatgevend is. Een combinatie van deze twee wordt niet als aannemelijk beschouwd.)

##### 4.5.2 Glazenwand

Op de betonnen looppad komt een glazen wand welke verwerkt wordt in de leuning. De bovenkant van het glas komt op NAP+8,5 m. De standers komen hart op hart 1,5 meter. De dilatatie voegen van de betonnenvoetpad komen om de 30 meter, dit betekend dat eventuele uitzettingen door temperatuur ook mogelijk moet zijn voor de glasplaten. De standers worden bevestigd met een voetplaat en ankers in het beton. De standers bestaan uit een samengestelde T-constructie. Het T-profiel heeft onderstaande afmeting.

Tabel 4.4 Berekening weerstandsmoment T-profiel

Samengesteld T-profiel							
h	b	A	I [ $\text{mm}^4$ ]	a	S	Iy [ $\text{mm}^4$ ]	Smax [ $\text{mm}$ ]
[mm]	[mm]	[mm]	$\times 10^6$	[ $\text{mm}^2$ ]	$\times 10^3$	$\times 10^6$	$\times 10^3$
8	100	800	0,0043	184	147	27	48
180	8	1440	3,8880	90	130	16	13
Hoogte :	188	[mm]					

Opp. :	2240	[mm <sup>2</sup> ]		Iy :	8	[x10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup> ]	
e boven :	64	[mm]		Wy boven :	131	[x10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> ]	
e onder :	124	[mm]		Wy onder :	68	[x10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> ]	
i <sub>y</sub> : Ö(I/A) :	61	[mm]		S :	61	[x10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup> ]	

#### 4.5.3 Berekening voetpad

De berekening van het voetpad is bijgevoegd in de bijlage G. In de berekening worden de volgende onderdelen berekend:

- Wapening in betonconstructie
  - o Wapening in vloer
  - o Wapening in deksloof
- Leuning (steun) op voetpad
  - o Staanders
  - o Bevestiging staanders aan vloer

#### 4.5.4 Betonberekening

Voor de berekening van de betonnen vloerconstructie is de vloerdikte gekozen op 190mm, met een opstort van 110mm. Op de opstort komen staanders hart op hart 1,5 meter. De staanders worden bevestigd met ankers, welke ingestort worden met een stalen plaat. De vloer wordt met de deksloof geïntegreerd, zodat de hoogte van de deksloof hetzelfde blijft als bij de bestaande situatie, namelijk 500mm. De breedte van de deksloof wordt ook aangehouden op 650mm.

Voor de wapening wordt gekozen voor ø12-150 aan beide zijden. Voor de opstortjes wordt voor ø10-150 gekozen. In de deksloof wordt ø16 toegepast (per zijde 3 staven) en voor de beugels wordt ø12-150mm gekozen.

#### 4.5.5 Berekening staander

De staanders van de glazen wand staan hart op hart 1,5 meter. Het aangrijpniveau van de kracht is 0,23 meter boven de betonnen keermuur. Het moment in de staanders is 6,5kNm (zie bijlage G).

Keuze samengesteld T-profiel:  $W=68000\text{mm}^2$

$M/W = 6,5\text{kNm} / 68000\text{mm}^3 = \text{N/mm}^2$

Controle  $96/220 < 0,44$  akkoord

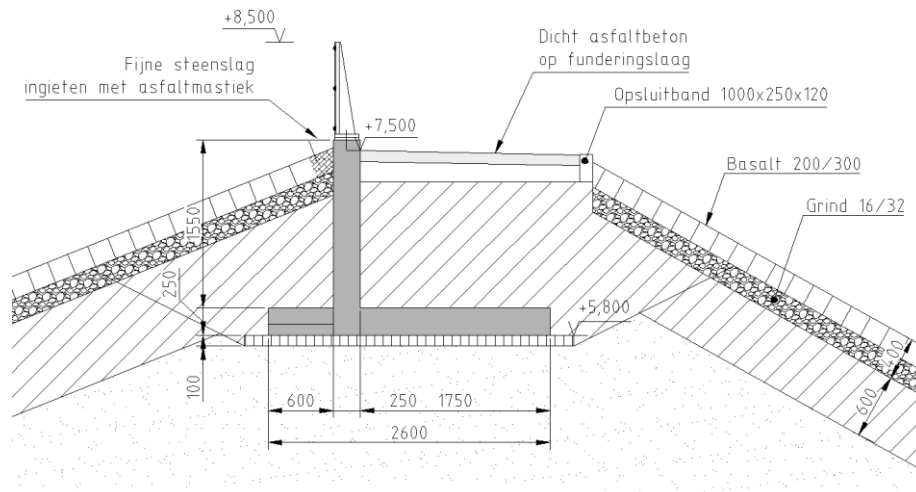
Het betreft een samengesteld profiel in verband met de voorgeschreven vorm. De hoogte van het profiel varieert, waarbij deze aan de onderzijde het grootst is. Het moment is hier ook maximaal, en zal naar boven afnemen naar 0 kNm. Voor de dikte van het lijf en de flens van het T-profiel wordt 8 mm aangehouden.

De staanders worden bevestigd met 2 ankers ø16 met een ankerplaat van 250\*75\*15 en een RVS voetplaat van 220\*220\*25mm. De ankerplaat en ankers worden ingestort in het beton.

## 5. SAMENVATTING EN AANDACHTSPUNTEN

### 5.1 Eindsituatie keermuur

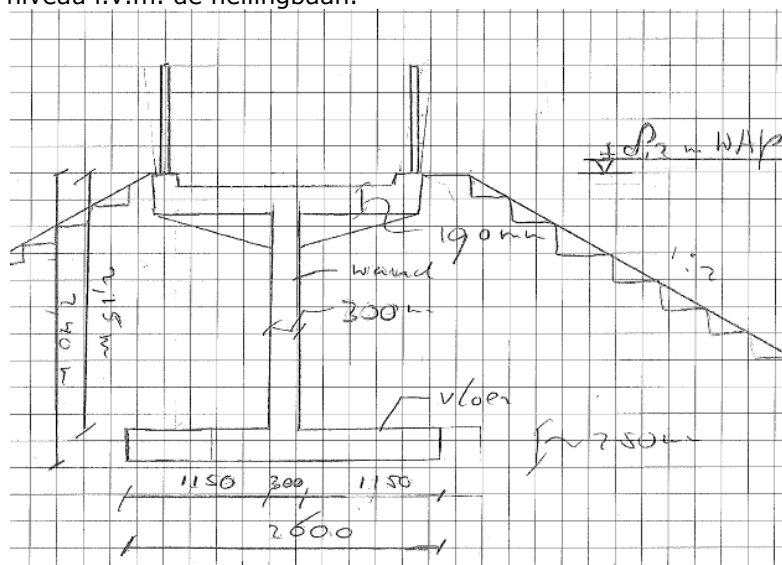
Onderstaande figuur geeft de keermuur weer zoals is ontworpen en voldoet aan de gestelde eisen.



Figuur 5.1 Principe doorsnede keermuur

De keermuur bestaat uit een wand en een vloer met een dikte van 250mm. Op de wand komt een glazen wand dat tevens dient als leuning. De glazen wand wordt met behulp van staanders op de keermuur gemonteerd. De staanders komen hart op hart 1,5 meter en bestaan uit een samengesteld stalen profiel. De bovenkant van de keermuur komt op NAP+8,2 m.

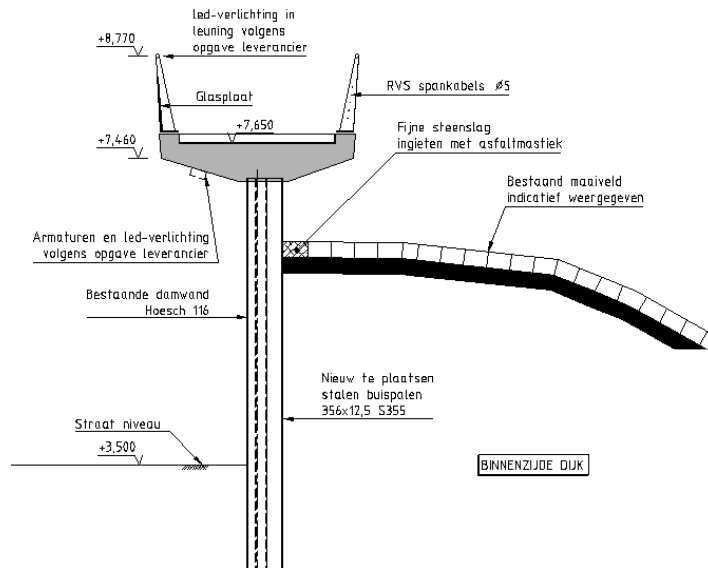
In de doorsnede bij de trap wordt een soort H-constructie toegepast. Deze constructie bestaat uit het zelfde principe als dat van de keermuur met daar bovenop nog het voetpad zoals deze is ontworpen op de damwand. Alleen de leuning vervalt en daar komt voor in de plaatst verticale palen rond 50mm hart op hart 200mm. De H-constructie blijft over de breedte van de trap en de twee hellingbanen even hoog, alleen varieert het vloer niveau i.v.m. de hellingbaan.



Figuur 5.2 Principe doorsnede keermuur

**5.1.1 Eindsituatie damwand Standfast**

Onderstaande figuur geeft de damwand weer zoals is ontworpen en voldoet aan de gestelde eisen.



Figuur 5.3 Principe doorsnede keermuur

Voor de damwand bij Standfast wordt de bestaande damwand hergebruikt en worden er extra palen bijgezet om voldoende draagvermogen te creëren. De bestaande deksloof wordt gesloopt. Op de damwand komt een nieuwe deksloof in de vorm van een betonnen voetpad. De breedte is 2 meter met aan weerszijde een leuning. De betonnen constructie wordt om de 30 meter voorzien van een dilatatievoeg. De bovenkant van de betonnen vloer komt op NAP+7.65 m.

Voor de aansluitingen met de naastgelegen voetpaden worden hellingbanen toegepast. De hellingbanen bestaan uit een betonnen keermuur met een voetpad er op.

## **5.2 Aandachtspunten en risico's**

### **5.2.1 Aandachtspunten**

Onderstaand zijn de aandachtspunten voor de keermuur gegeven:

- Schuifsterkteparameters klei (onderlaag) en zand (dijkkern) onbekend.
- Neusconstructie (parapet) bij variant glazenwand niet meegenomen.

### **5.3 Risico's**

Risico's doorsnede damwand:

- Afwijkend inheinniveau bestaande damwand
- Afroesting bestaande damwand meer dan geschat.
- Een niet wenselijk gebruik van de loopvoorziening.
- Ander niveau b.k. damwand dan op bestaande tekening staat aangegeven (pas na slopen deksloof te achterhalen).
- Het niet terug kunnen plaatsen van lantaarnpalen welke op de bestaande deksloof staan.
- Onverwachte hoge waterstand tijdens uitvoering
- Een niet wenselijke bovenbelasting op het rechte stuk van de dijk naast de damwand.
- Door inbrengen palen kans op zakking van bestaande damwand.

Risico's doorsnede keerwand:

- Afwijkende grondparameters
- Hoge waterstand bij ontgraven dijk tijdens uitvoering.

---

# Bijlage 3 Berekeningen

---

Bijlage 3.1: Ontwerpberekeningen bekleding

# Dam van losse breuksteen Oostelijke Havendam

Blaauw is invoer, zwart is default invoer, lila zijn tussenresultaten, rood zijn eindresultaten.

## Invoer

Opgegeven	H <sub>s</sub> [m]	Waterstand [m NAP]				H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	Als er slechts 3 waterstanden zijn, vul dan de gegevens bij de middelste waterstand twee keer in (in de kolommen E t/m H)
		T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]					
golfrandvoorwaarden op uitvoerpunt	1,58	6,70	2,00	7,47	2,00	7,47	2,30	7,44		
OP [m NAP]	5,75	Ontwerppeil								
GLW [m NAP]	-1,81	Gemiddeld Laag Water								
t [u]	5	Verblijftijd waterstanden i.v.m. belastingduur (5 à 10 uur bij getijdesituatie, tot 25 uur in Oosterschelde)								
Z <sub>kruin</sub> [m NAP]	4,50	Niveau kruin havendam								
cotana boven [-]	3,0	Helling buitentalud havendam (cotana ≤ 6)								
cotana onder [-]	3,0	Helling buitentalud havendam (cotana ≤ 6)								
Z <sub>vri</sub> [m NAP]	-0,80	Niveau voorland direct vóór havendam								
Z <sub>uwp</sub> [m NAP]	-10,00	Bodemniveau uitvoerpunt (uit randvoorwaardetabel of detailadvies)								
ρ <sub>s</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]	2650	Dichtheid breuksteen (default 2650)								
ρ <sub>w</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]	1025	Dichtheid zeewater (default 1025)								
H <sub>2%/H<sub>s</sub>diep</sub> [-]	1,4	Golfverdeling diep water (default 1,4)								
H <sub>2%/H<sub>s</sub>ondiep</sub> [-]	1,4	Golfverdeling ondiep water (default 1,4 bij regulier ontwerp en 1,2 bij geavanceerd ontwerp)								
N <sub>lop</sub> [-]	0,5	Aantal golfengtes wat nodig is om de golven dieptebeperkt te laten worden (default 1,0 bij regulier ontwerp en 0,5 bij geavanceerd ontwerp)								
Y <sub>Hs</sub> [-]	0,5	Reductiefactor voor H <sub>s</sub> bij dieptebeperkte golven (default 0,5)								
H <sub>s,teen,min</sub> [-]	0,1	Minimale H <sub>s</sub> aan teen (default 0,1)								
ΔX <sub>uwp</sub> [m]	50	Afstand uitvoerpunt tot teen van dijk (default 50)								
h <sub>min</sub> [m]	0,01	Minimale waterdiepte direct vóór havendam (default 0,01)								
S [-]	6	Schadegetal Van der Meer (default 3)								
P [-]	0,1	Doorlatendheidsfactor (default 0,1)								

Table 5.23 Design values of the damage parameter, S<sub>d</sub>, for armourstone in a double layer

Slope (cotα)	Damage level		
	Start of damage	Intermediate damage	Failure
1.5	2	3-5	8
2	2	4-6	8
3	2	6-9	12
4	3	8-12	17
6	3	8-12	17

## Samenvatting resultaten

Waterstand [m NAP]	-1,81	0,00	2,50	4,50	3,50	5,00	5,75	Voer in de <b>blauwe</b> cellen waterstanden in <b>tussen</b> onderkant havendam en Ontwerppeil
Golven dieptebeperkt?	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	
H <sub>s,teen</sub> [m]	0,78	1,16	1,69	2,08	1,90	2,15	2,26	Significante golfhoogte aan teen
D <sub>n50,vok</sub> [m]	0,29	0,41	0,57	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij waterstanden ver onder de kruin
D <sub>n50,nok</sub> [m]	-	-	-	0,860	0,699	-	-	D <sub>n50</sub> bij waterstanden net onder de kruin
D <sub>n50,bk</sub> [m]	-	-	-	-	-	0,18	0,17	D <sub>n50</sub> bij waterstanden boven de kruin
D <sub>n50,vbk</sub> [m]	-	-	-	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij waterstanden ver boven de kruin

## Benodigde steensortering en laagdikte boven +2,50m

	D <sub>n50,vok</sub>	D <sub>n50,nok</sub>	D <sub>n50,bk</sub>	D <sub>n50,vbk</sub>	
D <sub>n50</sub> [m]	0,00	0,86	0,18	0,00	D <sub>n50</sub> (maatgevende waardes)
D <sub>n50,d</sub> [m]		0,860			Benodigde D <sub>n50</sub> (ontwerpwaarde)
Sortering		1-3 ton			Benodigde steensortering
D <sub>n50,sortering</sub> [m]		0,92			D <sub>n50</sub> van benodigde steensortering
2D <sub>n50,sortering</sub> [m]		1,85			Benodigde laagdikte

## Benodigde steensortering en laagdikte onder NAP +2,50m

	D <sub>n50,vok</sub>	D <sub>n50,nok</sub>	D <sub>n50,bk</sub>	D <sub>n50,vbk</sub>	
D <sub>n50</sub> [m]	0,57	0,00	0,00	0,00	D <sub>n50</sub> (maatgevende waardes)
D <sub>n50,d</sub> [m]		0,570			Benodigde D <sub>n50</sub> (ontwerpwaarde)
Sortering		300-1.000 kg			Benodigde steensortering
D <sub>n50,sortering</sub> [m]		0,65			D <sub>n50</sub> van benodigde steensortering
2D <sub>n50,sortering</sub> [m]		1,29			Benodigde laagdikte

## Standaard steensorteringen conform NEN-EN 13383-1

Steen-sortering	ρ <sub>s</sub> (kg/m <sup>3</sup> ): 2650	
	M <sub>50</sub> (kg)	D <sub>n50</sub> (m)
5-40 kg	21	0,20
10-60 kg	37	0,24
40-200 kg	127	0,36
60-300 kg	193	0,42
300-1.000	715	0,646
1-3 ton	2088	0,92
3-6 ton	4743	1,21
6-10 ton	8192	1,46

## Berekening golfrandvoorwaarden aan teen en D<sub>n50</sub>

### Tussenresultaten

h <sub>c,max</sub> [m]	1,25	Maximale waterdiepte boven havendam
Typering golferloop	De golven zijn bij geen enkele waterstand dieptebeperkt	
h <sub>dieptebeperkt</sub> [m NAP]	N.v.t.	Waterstand waarbij golven juist dieptebeperkt zijn (omslagpunt)
Y <sub>H2%,dbp</sub> [-]	1,00	Reductiefactor H <sub>2%</sub> bij dieptebeperkte golven
tanα <sub>vri</sub> [-]	0,18	Voorlandhelling
Δ <sub>s</sub> [-]	1,59	Relatieve dichtheid breuksteen
ξ <sub>0m,cr</sub> [-]	2,55	Kritische brekerparameter Van der Meer
S <sub>0m,cr</sub> [-]	0,017	Kritische golfsteilheid Van der Meer

### Berekening golfrandvoorwaarden aan teen

Waterstand [m NAP]	-1,81	0,00	2,50	4,50	3,50	5,00	5,75	Waterstand
H <sub>s,uwp</sub> [m]	0,78	1,16	1,69	2,08	1,90	2,15	2,26	Significante golfhoogte op uitvoerpunt (interpolatie)
T <sub>p</sub> [s]	5,23	5,93	6,89	7,46	7,28	7,46	7,44	Piekperiode op uitvoerpunt en aan teen (interpolatie)
L <sub>op</sub> [m]	43	55	74	87	83	87	86	Golfengte
Z <sub>dbp</sub> [m NAP]	-4,73	-5,85	-7,62	-8,80	-8,41	-8,78	-8,76	Maatgevend bodemniveau voor dieptebeperking golven
d <sub>dbp</sub> [m]	2,92	5,85	10,12	13,30	11,91	13,78	14,51	Maatgevende waterdiepte voor dieptebeperking golven
H <sub>s</sub> '' [m]	1,46	2,93	5,06	6,65	5,95	6,89	7,25	Maximale H <sub>s</sub> bij dieptebeperkte golven
Golven dieptebeperkt?	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	
H <sub>s</sub> ''' [m]	0,78	1,16	1,69	2,08	1,90	2,15	2,26	Significante golfhoogte aan teen (na correctie voor waterdiepte)
S <sub>0p</sub> '' [-]	0,018	0,021	0,023	0,024	0,023	0,025	0,026	Golfsteilheid (na correctie H <sub>s</sub> voor waterdiepte)
H <sub>s,teen</sub> [m]	0,78	1,16	1,69	2,08	1,90	2,15	2,26	Significante golfhoogte aan teen (na correctie voor waterdiepte en golfsteilheid)
Y <sub>H2%</sub> [-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Reductiefactor H <sub>2%</sub> i.v.m. dieptebeperking golven
S <sub>0p,teen</sub> [-]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	Golfsteilheid aan teen (na correctie)
ξ <sub>0p,teen</sub> [-]	2,47	2,29	2,21	2,16	2,20	2,12	2,06	Brekerparameter aan teen

### Berekening D<sub>n50</sub> bij waterstanden ver onder de kruin (h<sub>c</sub>/H<sub>s</sub> > 0,8) (VTV2007, blz. 181)

h <sub>c</sub> [m]	6,31	4,50	2,00	0,00	1,00	-0,50	-1,25	Kruinhoogte havendam t.o.v. SWL
h <sub>c</sub> /H <sub>s</sub> [-]	8,09	3,88	1,19	0,00	0,53	-0,23	-0,55	Relatieve kruinhoogte havendam
T <sub>p,cr</sub> [s]	6,49	7,91	9,53	10,58	10,11	10,77	11,05	Kritische piekperiode op basis van T <sub>p</sub> = 1,2 · T <sub>m</sub>
T <sub>m</sub> [s]	4,76	5,39	6,27	6,78	6,62	6,78	6,77	Gemiddelde golfperiode
ξ <sub>0m</sub> [-]	2,24	2,08	2,01	1,96	2,00	1,92	1,87	Gemiddelde brekerparameter
N [-]	3784	3339	2873	2653	2721	2656	2660	Aantal golven (maximaal 7500)
Golftype [-]	Plunging	Plunging	Plunging	Plunging	Plunging	Plunging	Plunging	
D <sub>n50</sub> [m]	0,29	0,41	0,57	0,69	0,64	0,71	0,73	D <sub>n50</sub> (Van der Meer)
D <sub>n50</sub> ' [m]	0,29	0,41	0,57	0,69	0,64	0,71	0,73	D <sub>n50</sub> (idem, met correctie voor H <sub>2%</sub> )
D <sub>n50,vok</sub> [m]	0,29	0,41	0,57	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij waterstanden ver onder de kruin (na toetsing aan geldigheids criterium)

### Berekening D<sub>n50</sub> bij waterstanden net onder de kruin (0 < h<sub>c</sub>/H<sub>s</sub> < 0,8) (VTV2007, blz. 181)

f [-]	-0,83	0,18	0,91	1,25	1,10	1,32	1,42	Belastingfactor
D <sub>n50</sub> [m]	-0,24	0,07	0,52	0,86	0,70	0,93	1,04	D <sub>n50</sub> (na verdisconteren belastingfactor)
D <sub>n50,nok</sub> [m]	-	-	-	0,86	0,70	-	-	D <sub>n50</sub> bij waterstanden net onder de kruin (na toetsing aan geldigheids criterium)

### Berekening D<sub>n50</sub> bij waterstanden boven de kruin (h<sub>c</sub>/H<sub>s</sub> < 0) (VTV2007, blz. 181)

h [m]	0,01	0,80	3,30	5,30	4,30	5,80	6,55	Waterdiepte direct vóór havendam
D <sub>n50</sub> [m]	-0,01	-0,11	0,29	0,18	0,21	0,18	0,17	D <sub>n50</sub> (volgens formule)
D <sub>n50,bk</sub> [m]	-	-	-	-	-	0,18	0,17	D <sub>n50</sub> bij waterstanden boven de kruin (na toetsing aan geldigheids criterium)

### Berekening D<sub>n50</sub> bij waterstanden ver boven de kruin (-5 < h<sub>c</sub>/H<sub>s</sub> < -1,1) (The Rock Manual 2007, blz. 607-609)

L <sub>m</sub> [m]	35	45	61	72	68	72	71	Gemiddelde golfengte
k [1/m]	0,18	0,14	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	Golfgetal
u (u <sub>0</sub> ) [m/s]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	22,74	9,54	Karakteristieke stroomsnelheid door golfbeweging (maximale orbitaalsnelheid op kruin)
U <sub>max</sub> [m/s]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	50,02	20,99	Maximale toegestane stroomsnelheid door getij e.d. om berekening geldig te laten zijn
D <sub>n50</sub> [m]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,81	7,01	D <sub>n50</sub> (volgens formule)
H <sub>s</sub> /ΔD <sub>n50</sub> [-]	60223,32	91460,24	#####	#####	#####	0,03	0,20	Stabiliteitsgetal
D <sub>n50,vbk</sub> [m]	-	-	-	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij waterstanden ver onder de kruin (na toetsing aan geldigheids criteria)



# Dam van losse breuksteen Port Scaldis

Blauw is invoer, zwart is default invoer, lila zijn tussenresultaten, rood zijn eindresultaten.

## Invoer

Opgegeven	Waterstand [m NAP]								Als er slechts 3 waterstanden zijn, vul dan de gegevens bij de middelste waterstand twee keer in (in de kolommen E t/m H)
	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	
golfrandvoorwaarden op uitvoerpunt	1,45	5,55	1,65	6,24	1,65	6,24	1,77	7,57	
OP [m NAP]	5,75								Ontwerppeil
GLW [m NAP]	-1,81								Gemiddeld Laag Water
t [u]	5								Verblijftijd waterstanden i.v.m. belastingduur (5 à 10 uur bij getijdesituatie, tot 25 uur in Oosterschelde)
Z <sub>kruin</sub> [m NAP]	5,50								Niveau kruin havendam
cotana <sub>o</sub> boven [-]	2,5								Helling buitentalud havendam (cotana ≤ 6)
cotana <sub>o</sub> onder [-]	2,5								Helling buitentalud havendam (cotana ≤ 6)
Z <sub>vt</sub> [m NAP]	0,00								Niveau voorland direct vóór havendam
Z <sub>uwp</sub> [m NAP]	-0,50								Bodemniveau uitvoerpunt (uit randvoorwaardetabel of detailadvies)
ρ <sub>s</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]	2650								Dichtheid breuksteen (default 2650)
ρ <sub>w</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]	1025								Dichtheid zeewater (default 1025)
H <sub>2%</sub> /H <sub>s, diep</sub> [-]	1,4								Golfverdeling diep water (default 1,4)
H <sub>2%</sub> /H <sub>s, ondiep</sub> [-]	1,4								Golfverdeling ondiep water (default 1,4 bij regulier ontwerp en 1,2 bij geavanceerd ontwerp)
N <sub>l, op</sub> [-]	0,5								Aantal golfengtes wat nodig is om de golven dieptebeperkt te laten worden (default 1,0 bij regulier ontwerp en 0,5 bij geavanceerd ontwerp)
Y <sub>Hs</sub> [-]	0,5								Reductiefactor voor H <sub>s</sub> bij dieptebeperkte golven (default 0,5)
H <sub>s, teen, min</sub> [-]	0,1								Minimale H <sub>s</sub> aan teen (default 0,1)
ΔX <sub>uwp</sub> [m]	50								Afstand uitvoerpunt tot teen van dijk (default 50)
h <sub>min</sub> [m]	0,01								Minimale waterdiepte direct vóór havendam (default 0,01)
S [-]	5								Schadegetal Van der Meer (default 3)
P [-]	0,1								Doorlatendheidsfactor (default 0,1)

Table 5.23 Design values of the damage parameter, S<sub>d</sub>, for armourstone in a double layer

Slope (oots)	Damage level		
	Start of damage	Intermediate damage	Failure
1.5	2	3-5	8
2	2	4-6	8
3	2	6-9	12
4	3	8-12	17
6	3	8-12	17

## Samenvatting resultaten

Waterstand [m NAP]	-1,81	0,00	2,50	5,50	3,50	5,00	5,75	Voer in de blauwe cellen waterstanden in tussen onderkant havendam en Ontwerppeil
Golven dieptebeperkt?	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee	
H <sub>s, teen</sub> [m]	0,10	0,10	1,38	1,74	1,60	1,71	1,76	Significante golfhoogte aan teen
D <sub>n50, vok</sub> [m]	0,04	0,04	0,52	-	0,59	-	-	D <sub>n50</sub> bij waterstanden ver onder de kruin
D <sub>n50, nok</sub> [m]	-	-	-	0,846	-	0,76	-	D <sub>n50</sub> bij waterstanden net onder de kruin
D <sub>n50, bk</sub> [m]	-	-	-	-	-	-	0,16	D <sub>n50</sub> bij waterstanden boven de kruin
D <sub>n50, vbk</sub> [m]	-	-	-	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij waterstanden ver boven de kruin

## Benodigde steensortering en laagdikte boven +2,50m

	D <sub>n50, vok</sub>	D <sub>n50, nok</sub>	D <sub>n50, bk</sub>	D <sub>n50, vbk</sub>	
D <sub>n50</sub> [m]	0,59	0,85	0,16	0,00	D <sub>n50</sub> (maatgevende waardes)
D <sub>n50, d</sub> [m]		0,846			Benodigde D <sub>n50</sub> (ontwerpwaarde)
Sortering		1-3 ton			Benodigde steensortering
D <sub>n50, sortering</sub> [m]		0,92			D <sub>n50</sub> van benodigde steensortering
2D <sub>n50, sortering</sub> [m]		1,85			Benodigde laagdikte

## Benodigde steensortering en laagdikte onder NAP +2,50m

	D <sub>n50, vok</sub>	D <sub>n50, nok</sub>	D <sub>n50, bk</sub>	D <sub>n50, vbk</sub>	
D <sub>n50</sub> [m]	0,52	0,00	0,00	0,00	D <sub>n50</sub> (maatgevende waardes)
D <sub>n50, d</sub> [m]		0,517			Benodigde D <sub>n50</sub> (ontwerpwaarde)
Sortering		300-1.000 kg			Benodigde steensortering
D <sub>n50, sortering</sub> [m]		0,65			D <sub>n50</sub> van benodigde steensortering
2D <sub>n50, sortering</sub> [m]		1,29			Benodigde laagdikte

## Standaard steensorteringen conform NEN-EN 13383-1

Steen-sortering	ρ <sub>s</sub> (kg/m <sup>3</sup> ): 2650	
	M <sub>50</sub> (kg)	D <sub>n50</sub> (m)
5-40 kg	21	0,20
10-60 kg	37	0,24
40-200 kg	127	0,36
60-300 kg	193	0,42
300-1.000	715	0,646
1-3 ton	2088	0,92
3-6 ton	4743	1,21
6-10 ton	8192	1,46

## Berekening golfrandvoorwaarden aan teen en D<sub>n50</sub>

### Tussenresultaten

h <sub>c, max</sub> [m]	0,25	Maximale waterdiepte boven havendam
Typering golfverloop	De golven zijn dieptebeperkt bij lage waterstanden en niet-dieptebeperkt bij hoge waterstanden	
h <sub>dieptebeperkt</sub> [m NAP]	2,774	Waterstand waarbij golven juist dieptebeperkt zijn (omslagpunt)
Y <sub>H2%</sub> [-]	1,00	Reductiefactor H <sub>2%</sub> bij dieptebeperkte golven
tanα <sub>vt</sub> [-]	0,01	Voorlandhelling
Δ <sub>s</sub> [-]	1,59	Relatieve dichtheid breuksteen
ξ <sub>0m, cr</sub> [-]	2,97	Kritische brekerparameter Van der Meer
S <sub>0m, cr</sub> [-]	0,018	Kritische golfsteilheid Van der Meer

### Berekening golfrandvoorwaarden aan teen

Waterstand [m NAP]	-1,81	0,00	2,50	5,50	3,50	5,00	5,75	Waterstand
H <sub>s, uwp</sub> [m]	1,07	1,25	1,50	1,74	1,60	1,71	1,76	Significante golfhoogte op uitvoerpunt (interpolatie)
T <sub>p</sub> [s]	4,24	4,86	5,72	7,24	6,07	6,91	7,40	Piekperiode op uitvoerpunt en aan teen (interpolatie)
L <sub>op</sub> [m]	28	37	51	82	57	74	86	Golfengte
Z <sub>dbp</sub> [m NAP]	-0,14	-0,18	-0,26	-0,41	-0,29	-0,37	-0,43	Maatgevend bodemniveau voor dieptebeperking golven
d <sub>dbp</sub> [m]	-1,67	0,18	2,76	5,91	3,79	5,37	6,18	Maatgevende waterdiepte voor dieptebeperking golven
H <sub>s</sub> [m]	-0,83	0,09	1,38	2,95	1,89	2,69	3,09	Maximale H <sub>s</sub> bij dieptebeperkte golven
Golven dieptebeperkt?	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee	
H <sub>s</sub> [m]	-0,83	0,09	1,38	1,74	1,60	1,71	1,76	Significante golfhoogte aan teen (na correctie voor waterdiepte)
S <sub>0p</sub> [-]	-0,030	0,003	0,027	0,021	0,028	0,023	0,021	Golfsteilheid (na correctie H <sub>s</sub> voor waterdiepte)
H <sub>s, teen</sub> [m]	0,10	0,10	1,38	1,74	1,60	1,71	1,76	Significante golfhoogte aan teen (na correctie voor waterdiepte en golfsteilheid)
Y <sub>H2%</sub> [-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Reductiefactor H <sub>2%</sub> i.v.m. dieptebeperking golven
S <sub>0p, teen</sub> [-]	-0,03	0,00	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	Golfsteilheid aan teen (na correctie)
ξ <sub>0p, teen</sub> [-]	6,69	7,68	2,44	2,74	2,40	2,64	2,79	Brekerparameter aan teen

### Berekening D<sub>n50</sub> bij waterstanden ver onder de kruin (h<sub>c</sub>/H<sub>s</sub> > 0,8) (VTV2007, blz. 181)

h <sub>c</sub> [m]	7,31	5,50	3,00	0,00	2,00	0,50	-0,25	Kruinhoogte havendam t.o.v. SWL
h <sub>c</sub> /H <sub>s</sub> [-]	73,10	55,00	2,18	0,00	1,25	0,29	-0,14	Relatieve kruinhoogte havendam
T <sub>p, cr</sub> [s]	2,25	2,25	8,36	9,40	9,01	9,32	9,44	Kritische piekperiode op basis van T <sub>p</sub> = 1,2 · T <sub>m</sub>
T <sub>m</sub> [s]	3,26	3,74	5,20	6,58	5,52	6,28	6,73	Gemiddelde golfperiode
ξ <sub>0m</sub> [-]	5,15	5,91	2,21	2,49	2,18	2,40	2,54	Gemiddelde brekerparameter
N [-]	5525	4815	3460	2736	3263	2867	2674	Aantal golven (maximaal 7500)
Golftype [-]	Surging	Surging	Plunging	Plunging	Plunging	Plunging	Plunging	
D <sub>n50</sub> [m]	0,04	0,04	0,52	0,68	0,59	0,66	0,69	D <sub>n50</sub> (Van der Meer)
D <sub>n50</sub> ' [m]	0,04	0,04	0,52	0,68	0,59	0,66	0,69	D <sub>n50</sub> (idem, met correctie voor H <sub>2%</sub> )
D <sub>n50, vok</sub> [m]	0,04	0,04	0,52	-	0,59	-	-	D <sub>n50</sub> bij waterstanden ver onder de kruin (na toetsing aan geldigheids criterium)

### Berekening D<sub>n50</sub> bij waterstanden net onder de kruin (0 < h<sub>c</sub>/H<sub>s</sub> < 0,8) (VTV2007, blz. 181)

f [-]	#GETAL!	-3,98	0,57	1,25	0,85	1,17	1,29	Belastingfactor
D <sub>n50</sub> [m]	#GETAL!	-0,17	0,30	0,85	0,51	0,76	0,89	D <sub>n50</sub> (na verdisconteren belastingfactor)
D <sub>n50, nok</sub> [m]	-	-	-	0,85	-	0,76	-	D <sub>n50</sub> bij waterstanden net onder de kruin (na toetsing aan geldigheids criterium)

### Berekening D<sub>n50</sub> bij waterstanden boven de kruin (h<sub>c</sub>/H<sub>s</sub> < 0) (VTV2007, blz. 181)

h [m]	0,01	0,01	2,50	5,50	3,50	5,00	5,75	Waterdiepte direct vóór havendam
D <sub>n50</sub> [m]	0,00	0,00	0,73	0,16	0,28	0,18	0,16	D <sub>n50</sub> (volgens formule)
D <sub>n50, bk</sub> [m]	-	-	-	-	-	-	0,16	D <sub>n50</sub> bij waterstanden boven de kruin (na toetsing aan geldigheids criterium)

### Berekening D<sub>n50</sub> bij waterstanden ver boven de kruin (-5 < h<sub>c</sub>/H<sub>s</sub> < -1,1) (The Rock Manual 2007, blz. 607-609)

L <sub>m</sub> [m]	17	22	42	68	47	62	71	Gemiddelde golfengte
k [1/m]	0,38	0,29	0,15	0,09	0,13	0,10	0,09	Golfgetal
u (u <sub>0</sub> ) [m/s]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	36,88	Karakteristieke stroomsnelheid door golfbeweging (maximale orbitaalsnelheid op kruin)
U <sub>max</sub> [m/s]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	81,13	Maximale toegestane stroomsnelheid door getij e.d. om berekening geldig te laten zijn
D <sub>n50</sub> [m]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	111,40	D <sub>n50</sub> (volgens formule)
H <sub>s</sub> /ΔD <sub>n50</sub> [-]	6822,31	6980,49	#####	#####	#####	#####	0,01	Stabiliteitsgetal
D <sub>n50, vbk</sub> [m]	-	-	-	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij waterstanden ver onder de kruin (na toetsing aan geldigheids criteria)

---

Bijlage 3.2: Ontwerpberekeningen kreukelberm

# Ontwerp kreukelberm

Opgesteld door: Klaas Kaslander

Blauw is invoer, lila zijn tussenresultaten, rood zijn eindresultaten.  
Op het 'Rekenblad' wordt een nadere **Toelichting** gegeven.

## Invoer

Dijkvak	Breskens											
Deelgebied	2											
Randvoorwaardenvak	7											
Waterstand [m NAP]												
Opgegeven	2		4				5,75		6			Als er slechts 3 waterstanden zijn, vul dan de gegevens bij de middelste waterstand twee keer in (in de kolommen E t/m H)
golfrandvoorwaarden op uitvoerpunt	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]		
	0,80	6,70	0,99	7,47	1,39	7,44	1,45	7,44				
Gebied	Vul in: OS voor Oosterschelde, WS voor Westerschelde, NZ voor Noordzee											
OP	[m NAP]	5,75 Ontwerppeil										
Z <sub>vb</sub>	[m NAP]	0,17 Niveau bovenzijde kreukelberm (teenniveau)										
Z <sub>vt</sub>	[m NAP]	-1,70 Huidig niveau voorland direct vóór kreukelberm										
Z <sub>uyp</sub>	[m NAP]	-6,00 Bodemniveau uitvoerpunt (uit randvoorwaardetabel of detailadvies)										

## Samenvatting resultaten

Waterstand	[m NAP]	2,00	0,17	0,87	1,57	2,26	2,96	3,66	4,36	5,05	5,75	
L <sub>op</sub>	[m]	70	56	61	67	72	78	84	87	87	86	Golflengte
Golven dieptebeperkt?		Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	
H <sub>s,steen</sub>	[m]	0,80	0,63	0,69	0,76	0,82	0,89	0,96	1,07	1,23	1,39	Significante golfhoogte aan teen
D <sub>n50,LOS,LWS</sub>	[m]	-	0,19	0,14	-	-	-	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij lage waterstanden
D <sub>n50,LOS,HWS,G</sub>	[m]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij hoge waterstanden (Gerding)
D <sub>n50,LOS,HWS,M</sub>	[m]	0,15	-	-	-	0,15	0,14	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij hoge waterstanden (Van der Meer)

## Benodigde steensortering en dikte kreukelberm

		Losse breuksteen		Patroonpenetratie		D <sub>n50</sub> (maatgevende waarde)
		LWS	HWS;M	Stroken	Stippen	
D <sub>n50</sub>	[m]	0,19	0,15	0,12	0,18	D <sub>n50</sub> (maatgevende waarde)
D <sub>n50,d</sub>	[m]		0,19	0,12	0,18	Benodigde D <sub>n50</sub> (ontwerpwaarde, incl. ontwerpveiligheid)
Sortering		10-60 kg		10-60 kg	10-60 kg	Benodigde steensortering
D <sub>n50,sortering</sub>	[m]		0,24	0,24	0,24	D <sub>n50</sub> van benodigde steensortering
2D <sub>n50,sortering</sub>	[m]		0,48	0,48	0,48	Benodigde laagdikte

## Standaard steensorteringen conform NEN-EN 13383-1

Steen-sortering	ρ <sub>s</sub> (kg/m <sup>3</sup> ): 2650	
	M <sub>50</sub> (kg)	D <sub>n50</sub> (m)
10-60 kg	37	0,24
40-200 kg	127	0,36
60-300 kg	193	0,42
300-1.000	715	0,65
1-3 ton	2088	0,92
3-6 ton	4743	1,21
6-10 ton	8192	1,46

Controle bodemligging:

De golflengte is groter dan de afstand tussen het uitvoerpunt en de dijken, maar blijft binnen de marge.

# Ontwerp kreukelberm

Opgesteld door: Klaas Kaslander

Blauw is invoer, lila zijn tussenresultaten, rood zijn eindresultaten.  
Op het 'Rekenblad' wordt een nadere **Toelichting** gegeven.

## Invoer

Dijkvak	Breskens											
Deelgebied	3											
Randvoorwaardenvak	7											
Waterstand [m NAP]												
Opgegeven	2		4				5,75		6			Als er slechts 3 waterstanden zijn, vul dan de gegevens bij de middelste waterstand twee keer in (in de kolommen E t/m H)
golfrandvoorwaarden op uitvoerpunt	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]		
	0,80	6,70	0,99	7,47	1,39	7,44	1,45	7,44	1,45	7,44		
Gebied	Vul in: OS voor Oosterschelde, WS voor Westerschelde, NZ voor Noordzee											
OP	[m NAP]	5,75 Ontwerppeil										
Z <sub>vb</sub>	[m NAP]	0,71 Niveau bovenzijde kreukelberm (teenniveau)										
Z <sub>vt</sub>	[m NAP]	-2,00 Huidig niveau voorland direct vóór kreukelberm										
Z <sub>uyp</sub>	[m NAP]	-6,00 Bodemniveau uitvoerpunt (uit randvoorwaardetabel of detailadvies)										

## Samenvatting resultaten

Waterstand	[m NAP]	2,00	0,71	1,34	1,97	2,60	3,23	3,86	4,49	5,12	5,75	
L <sub>op</sub>	[m]	70	60	65	70	75	80	86	87	87	86	Golflengte
Golven dieptebeperkt?		Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	
H <sub>s,steen</sub>	[m]	0,80	0,68	0,74	0,80	0,86	0,92	0,98	1,10	1,25	1,39	Significante golfhoogte aan teen
D <sub>n50,LOS,LWS</sub>	[m]	-	0,20	0,16	-	-	-	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij lage waterstanden
D <sub>n50,LOS,HWS,G</sub>	[m]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij hoge waterstanden (Gerding)
D <sub>n50,LOS,HWS,M</sub>	[m]	-	-	-	-	-	0,17	0,17	0,17	0,18	-	D <sub>n50</sub> bij hoge waterstanden (Van der Meer)

## Benodigde steensortering en dikte kreukelberm

		Losse breuksteen		Patroonpenetratie		D <sub>n50</sub> (maatgevende waarde)
		LWS	HWS;M	Stroken	Stippen	
D <sub>n50</sub>	[m]	0,20	0,18	0,13	0,19	D <sub>n50</sub> (maatgevende waarde)
D <sub>n50,d</sub>	[m]		0,22	0,13	0,19	Benodigde D <sub>n50</sub> (ontwerpwaarde, incl. ontwerpveiligheid)
Sortering		10-60 kg		10-60 kg	10-60 kg	Benodigde steensortering
D <sub>n50,sortering</sub>	[m]		0,24	0,24	0,24	D <sub>n50</sub> van benodigde steensortering
2D <sub>n50,sortering</sub>	[m]		0,48	0,48	0,48	Benodigde laagdikte

## Standaard steensorteringen conform NEN-EN 13383-1

Steen-sortering	ρ <sub>s</sub> (kg/m <sup>3</sup> ): 2650	
	M <sub>50</sub> (kg)	D <sub>n50</sub> (m)
10-60 kg	37	0,24
40-200 kg	127	0,36
60-300 kg	193	0,42
300-1.000	715	0,65
1-3 ton	2088	0,92
3-6 ton	4743	1,21
6-10 ton	8192	1,46

Controle bodemligging:

De golflengte is groter dan de afstand tussen het uitvoerpunt en de dijken, maar blijft binnen de marge.

# Ontwerp kreukelberm

Opgesteld door: Klaas Kaslander

Blauw is invoer, lila zijn tussenresultaten, rood zijn eindresultaten.  
Op het 'Rekenblad' wordt een nadere **Toelichting** gegeven.

## Invoer

<b>Dijkvak</b>	<b>Breskens</b>										
<b>Deelgebied</b>	<b>4,1 Binnenzijde Oostelijke havendam</b>										
<b>Randvoorwaardenvak</b>	<b>7</b>										
	Waterstand [m NAP]										
Opgegeven	<b>2</b>		<b>4</b>				<b>5,75</b>		<b>6</b>		
golfrandvoorwaarden op uitvoerpunt	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	Als er slechts 3 waterstanden zijn, vul dan de gegevens bij de middelste waterstand twee keer in (in de kolommen E t/m H)
	0,80	6,70	0,99	7,47	1,39	7,44	1,45	7,44			
Gebied	Vul in: OS voor Oosterschelde, WS voor Westerschelde, NZ voor Noordzee										
OP	Ontwerppeil										
Z <sub>vb</sub>	Niveau bovenzijde kreukelberm (teenniveau)										
Z <sub>vt</sub>	Huidig niveau voorland direct vóór kreukelberm										
Z <sub>uvp</sub>	Bodemniveau uitvoerpunt (uit randvoorwaardetabel of detailadvies)										

## Samenvatting resultaten

Waterstand [m NAP]	2,00	-0,30	0,46	1,21	1,97	2,73	3,48	4,24	4,99	5,75	
L <sub>op</sub> [m]	70	53	58	64	70	76	83	87	87	86	Golflengte
Golven dieptebeperkt?	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	
H <sub>s,steen</sub> [m]	0,80	0,58	0,65	0,73	0,80	0,87	0,94	1,04	1,22	1,39	Significante golfhoogte aan teen
D <sub>n50,LOS,LWS</sub> [m]	-	0,18	0,12	-	-	-	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij lage waterstanden
D <sub>n50,LOS,HWS,G</sub> [m]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij hoge waterstanden (Gerding)
D <sub>n50,LOS,HWS,M</sub> [m]	0,13	-	-	0,14	0,13	0,13	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij hoge waterstanden (Van der Meer)

## Benodigde steensortering en dikte kreukelberm

		<b>Losse breuksteen</b>		<b>Patroonpenetratie</b>		
		LWS	HWS;M	Stroken	Stippen	
D <sub>n50</sub>	[m]	0,18	0,14	0,11	0,17	D <sub>n50</sub> (maatgevende waarde)
D <sub>n50,d</sub>	[m]	0,18		0,11	0,17	Benodigde D <sub>n50</sub> (ontwerpwaarde, incl. ontwerpveiligheid)
Sortering		<b>10-60 kg</b>		<b>10-60 kg</b>	<b>10-60 kg</b>	Benodigde steensortering
D <sub>n50,sortering</sub>	[m]	0,24		0,24	0,24	D <sub>n50</sub> van benodigde steensortering
2D <sub>n50,sortering</sub>	[m]	0,48		0,48	0,48	Benodigde laagdikte

## Standaard steensorteringen conform NEN-EN 13383-1

Steen-sortering	ρ <sub>s</sub> (kg/m <sup>3</sup> ): 2650	
	M <sub>50</sub> (kg)	D <sub>n50</sub> (m)
10-60 kg	37	0,24
40-200 kg	127	0,36
60-300 kg	193	0,42
300-1.000	715	0,65
1-3 ton	2088	0,92
3-6 ton	4743	1,21
6-10 ton	8192	1,46

Controle bodemligging:

De golflengte is groter dan de afstand tussen het uitvoerpunt en de dijken, maar blijft binnen de marge.

# Ontwerp kreukelberm

Opgesteld door: Klaas Kaslander

Blauw is invoer, lila zijn tussenresultaten, rood zijn eindresultaten.  
Op het 'Rekenblad' wordt een nadere **Toelichting** gegeven.

## Invoer

Dijkvak	Breskens										
Deelgebied	4,2 Buitenzijde Oostelijke havendam										
Randvoorwaardenvak	Havenmondning										
Waterstand [m NAP]											
Opgegeven	2		4				5,75		6		
golfrandvoorwaarden op uitvoerpunt	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	Als er slechts 3 waterstanden zijn, vul dan de gegevens bij de middelste waterstand twee keer in (in de kolommen E t/m H)
	1,58	6,70	2,00	7,47	2,26	7,44	2,30	7,44			
Gebied	Vul in: OS voor Oosterschelde, WS voor Westerschelde, NZ voor Noordzee										
OP	Ontwerppeil										
Z <sub>vb</sub>	Niveau bovenzijde kreukelberm (teenniveau)										
Z <sub>vt</sub>	Huidig niveau voorland direct vóór kreukelberm										
Z <sub>uvp</sub>	Bodemniveau uitvoerpunt (uit randvoorwaardetabel of detailadvies)										

## Samenvatting resultaten

Waterstand [m NAP]	2,00	-0,80	0,02	0,84	1,66	2,48	3,29	4,11	4,93	5,75	
L <sub>op</sub> [m]	70	49	55	61	67	74	81	87	87	86	Golflengte
Golven dieptebeperkt?	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	
H <sub>s,steen</sub> [m]	1,58	0,99	1,16	1,34	1,51	1,68	1,85	2,02	2,14	2,26	Significante golfhoogte aan teen
D <sub>n50,LOS,LWS</sub> [m]	-	0,26	0,22	-	-	-	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij lage waterstanden
D <sub>n50,LOS,HWS,G</sub> [m]	-	-	0,24	0,17	0,10	-	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij hoge waterstanden (Gerding)
D <sub>n50,LOS,HWS,M</sub> [m]	0,13	-	0,16	0,13	0,13	0,13	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij hoge waterstanden (Van der Meer)

## Benodigde steensortering en dikte kreukelberm

		Losse breuksteen		Patroonpenetratie		D <sub>n50</sub> (maatgevende waarde)
		LWS	HWS;M	Stroken	Stippen	
D <sub>n50</sub>	[m]	0,26	0,16	0,16	0,24	D <sub>n50</sub> (maatgevende waarde)
D <sub>n50,d</sub>	[m]		0,26	0,16	0,24	Benodigde D <sub>n50</sub> (ontwerpwaarde, incl. ontwerpveiligheid)
Sortering		40-200 kg		10-60 kg	10-60 kg	Benodigde steensortering
D <sub>n50,sortering</sub>	[m]	0,36		0,24	0,24	D <sub>n50</sub> van benodigde steensortering
2D <sub>n50,sortering</sub>	[m]	0,73		0,48	0,48	Benodigde laagdikte

## Standaard steensorteringen conform NEN-EN 13383-1

Steen-sortering	ρ <sub>s</sub> (kg/m <sup>3</sup> ): 2650	
	M <sub>50</sub> (kg)	D <sub>n50</sub> (m)
10-60 kg	37	0,24
40-200 kg	127	0,36
60-300 kg	193	0,42
300-1.000	715	0,65
1-3 ton	2088	0,92
3-6 ton	4743	1,21
6-10 ton	8192	1,46

Controle bodemligging:

De golflengte is groter dan de afstand tussen het uitvoerpunt en de dijken, maar blijft binnen de marge.

# Ontwerp kreukelberm

Opgesteld door: Klaas Kaslander

Blauw is invoer, lila zijn tussenresultaten, rood zijn eindresultaten.  
Op het 'Rekenblad' wordt een nadere **Toelichting** gegeven.

## Invoer

<b>Dijkvak</b>	<b>Breskens</b>										
<b>Deelgebied</b>	<b>5</b>										
<b>Randvoorwaardenvak</b>	<b>139b</b>										
Waterstand [m NAP]											
Opgegeven	2		4				5,75		6		Als er slechts 3 waterstanden zijn, vul dan de gegevens bij de middelste waterstand twee keer in (in de kolommen E t/m H)
golfrandvoorwaarden op uitvoerpunt	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	
	1,45	5,37	1,61	6,52	1,76	7,40	1,77	7,57			
Gebied	Vul in: OS voor Oosterschelde, WS voor Westerschelde, NZ voor Noordzee										
OP	Ontwerppeil										
Z <sub>vb</sub>	Niveau bovenzijde kreukelberm (teenniveau)										
Z <sub>vt</sub>	Huidig niveau voorland direct vóór kreukelberm										
Z <sub>uvp</sub>	Bodemniveau uitvoerpunt (uit randvoorwaardetabel of detailadvies)										

## Samenvatting resultaten

Waterstand	[m NAP]	2,00	-0,70	0,11	0,91	1,72	2,53	3,33	4,14	4,94	5,75	
L <sub>op</sub>	[m]	45	23	29	35	42	50	59	68	76	86	Golflengte
Golven dieptebeperkt?		Nee	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	
H <sub>steen</sub>	[m]	1,45	0,90	1,30	1,36	1,43	1,49	1,56	1,62	1,69	1,76	Significante golfhoogte aan teen
D <sub>n50,LOS,LWS</sub>	[m]	-	0,21	0,20	-	-	-	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij lage waterstanden
D <sub>n50,LOS,HWS,G</sub>	[m]	-	-	-	0,18	-	-	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij hoge waterstanden (Gerding)
D <sub>n50,LOS,HWS,M</sub>	[m]	0,20	-	-	0,24	0,21	0,19	0,18	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij hoge waterstanden (Van der Meer)

## Benodigde steensortering en dikte kreukelberm

		Losse breuksteen		Patroonpenetratie		
		LWS	HWS;M	Stroken	Stippen	
D <sub>n50</sub>	[m]	0,21	0,24	0,12	0,18	D <sub>n50</sub> (maatgevende waarde)
D <sub>n50,d</sub>	[m]		0,29	0,12	0,18	Benodigde D <sub>n50</sub> (ontwerpwaarde, incl. ontwerpveiligheid)
Sortering		40-200 kg		10-60 kg	10-60 kg	Benodigde steensortering
D <sub>n50,sortering</sub>	[m]		0,36	0,24	0,24	D <sub>n50</sub> van benodigde steensortering
2D <sub>n50,sortering</sub>	[m]		0,73	0,48	0,48	Benodigde laagdikte

## Standaard steensorteringen conform NEN-EN 13383-1

Steen-sortering	ρ <sub>s</sub> (kg/m <sup>3</sup> ): 2650	
	M <sub>50</sub> (kg)	D <sub>n50</sub> (m)
10-60 kg	37	0,24
40-200 kg	127	0,36
60-300 kg	193	0,42
300-1.000	715	0,65
1-3 ton	2088	0,92
3-6 ton	4743	1,21
6-10 ton	8192	1,46

Controle bodemligging:

De golflengte is groter dan de afstand tussen het uitvoerpunt en de dijkteen, maar blijft binnen de marge.

# Ontwerp kreukelberm

Opgesteld door: Klaas Kaslander

Blauw is invoer, lila zijn tussenresultaten, rood zijn eindresultaten.  
Op het 'Rekenblad' wordt een nadere **Toelichting** gegeven.

## Invoer

Dijkvak		Breskens										
Deelgebied		6,1										
Randvoorwaardenvak		139b										
Opgegeven		Waterstand [m NAP]										
golfrandvoorwaarden op uitvoerpunt	H <sub>s</sub> [m]	2	T <sub>p</sub> [s]	4	H <sub>s</sub> [m]	5,75	T <sub>p</sub> [s]	6	H <sub>s</sub> [m]	6	T <sub>p</sub> [s]	Als er slechts 3 waterstanden zijn, vul dan de gegevens bij de middelste waterstand twee keer in (in de kolommen E t/m H)
		1,45	5,37	1,61	6,52	1,76	7,40	1,77	7,57			
Gebied	[-]	WS	Vul in: OS voor Oosterschelde, WS voor Westerschelde, NZ voor Noordzee									
OP	[m NAP]	5,75	Ontwerppeil									
Z <sub>vb</sub>	[m NAP]	0,35	Niveau bovenzijde kreukelberm (teenniveau)									
Z <sub>vt</sub>	[m NAP]	0,10	Huidig niveau voorland direct vóór kreukelberm									
Z <sub>vvp</sub>	[m NAP]	-0,50	Bodemniveau uitvoerpunt (uit randvoorwaardetabel of detailadvies)									

## Samenvatting resultaten

Waterstand	[m NAP]	2,00	0,35	1,03	1,70	2,38	3,05	3,73	4,40	5,08	5,75	
L <sub>op</sub>	[m]	45	31	36	42	49	56	63	71	78	86	Golflengte
Golven dieptebeperkt?		Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	
H <sub>steen</sub>	[m]	1,22	0,39	0,73	1,07	1,41	1,53	1,59	1,64	1,70	1,76	Significante golfhoogte aan teen
D <sub>n50,LOS,LWS</sub>	[m]	-	0,12	0,13	-	-	-	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij lage waterstanden
D <sub>n50,LOS,HWS,G</sub>	[m]	0,13	-	0,12	0,13	0,13	-	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij hoge waterstanden (Gerding)
D <sub>n50,LOS,HWS,M</sub>	[m]	0,14	-	0,13	0,14	0,15	0,15	0,14	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij hoge waterstanden (Van der Meer)

## Benodigde steensortering en dikte kreukelberm

		Losse breuksteen		Patroonpenetratie		D <sub>n50</sub> (maatgevende waarde)
		LWS	HWS;M	Stroken	Stippen	
D <sub>n50</sub>	[m]	0,13	0,15	0,07	0,11	D <sub>n50</sub> (maatgevende waarde)
D <sub>n50,d</sub>	[m]		0,18	0,07	0,11	Benodigde D <sub>n50</sub> (ontwerpwaarde, incl. ontwerpveiligheid)
Sortering		10-60 kg		10-60 kg	10-60 kg	Benodigde steensortering
D <sub>n50,sortering</sub>	[m]		0,24	0,24	0,24	D <sub>n50</sub> van benodigde steensortering
2D <sub>n50,sortering</sub>	[m]		0,48	0,48	0,48	Benodigde laagdikte

## Standaard steensorteringen conform NEN-EN 13383-1

Steen-sortering	ρ <sub>s</sub> (kg/m <sup>3</sup> ): 2650	
	M <sub>50</sub> (kg)	D <sub>n50</sub> (m)
10-60 kg	37	0,24
40-200 kg	127	0,36
60-300 kg	193	0,42
300-1.000	715	0,65
1-3 ton	2088	0,92
3-6 ton	4743	1,21
6-10 ton	8192	1,46

Controle bodemligging:

De golflengte is groter dan de afstand tussen het uitvoerpunt en de dijken, maar blijft binnen de marge.



# Ontwerp kreukelberm

Opgesteld door: Klaas Kaslander

Blauw is invoer, lila zijn tussenresultaten, rood zijn eindresultaten.  
Op het 'Rekenblad' wordt een nadere **Toelichting** gegeven.

## Invoer

<b>Dijkvak</b>	<b>Breskens</b>										
<b>Deelgebied</b>	<b>6,2</b>										
<b>Randvoorwaardenvak</b>	<b>139a</b>										
Waterstand [m NAP]											
Opgegeven	2		4				5,75		6		Als er slechts 3 waterstanden zijn, vul dan de gegevens bij de middelste waterstand twee keer in (in de kolommen E t/m H)
golfrandvoorwaarden op uitvoerpunt	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	
	1,31	5,55	1,60	6,53	1,72	7,29	1,72	7,68			
Gebied	Vul in: OS voor Oosterschelde, WS voor Westerschelde, NZ voor Noordzee										
OP	Ontwerppeil										
Z <sub>vb</sub>	Niveau bovenzijde kreukelberm (teenniveau)										
Z <sub>vt</sub>	Huidig niveau voorland direct vóór kreukelberm										
Z <sub>uvp</sub>	Bodemniveau uitvoerpunt (uit randvoorwaardetabel of detailadvies)										

## Samenvatting resultaten

Waterstand [m NAP]	2,00	0,35	1,03	1,70	2,38	3,05	3,73	4,40	5,08	5,75	
L <sub>op</sub> [m]	48	35	40	46	51	57	64	70	76	83	Golflengte
Golven dieptebeperkt?	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	
H <sub>s,steen</sub> [m]	1,22	0,39	0,73	1,07	1,36	1,46	1,56	1,63	1,68	1,72	Significante golfhoogte aan teen
D <sub>n50,LOS,LWS</sub> [m]	-	0,12	0,13	-	-	-	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij lage waterstanden
D <sub>n50,LOS,HWS,G</sub> [m]	0,13	-	0,13	0,13	0,12	-	-	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij hoge waterstanden (Gerding)
D <sub>n50,LOS,HWS,M</sub> [m]	0,14	-	0,13	0,14	0,15	0,14	0,14	-	-	-	D <sub>n50</sub> bij hoge waterstanden (Van der Meer)

## Benodigde steensortering en dikte kreukelberm

		Losse breuksteen		Patroonpenetratie		D <sub>n50</sub> (maatgevende waarde)
		LWS	HWS;M	Stroken	Stippen	
D <sub>n50</sub>	[m]	0,13	0,15	0,08	0,11	D <sub>n50</sub> (maatgevende waarde)
D <sub>n50,d</sub>	[m]		0,17	0,08	0,11	Benodigde D <sub>n50</sub> (ontwerpwaarde, incl. ontwerpveiligheid)
Sortering		<b>10-60 kg</b>		<b>10-60 kg</b>	<b>10-60 kg</b>	Benodigde steensortering
D <sub>n50,sortering</sub>	[m]	0,24		0,24	0,24	D <sub>n50</sub> van benodigde steensortering
2D <sub>n50,sortering</sub>	[m]	0,48		0,48	0,48	Benodigde laagdikte

## Standaard steensorteringen conform NEN-EN 13383-1

Steen-sortering	ρ <sub>s</sub> (kg/m <sup>3</sup> ): 2650	
	M <sub>50</sub> (kg)	D <sub>n50</sub> (m)
10-60 kg	37	0,24
40-200 kg	127	0,36
60-300 kg	193	0,42
300-1.000	715	0,65
1-3 ton	2088	0,92
3-6 ton	4743	1,21
6-10 ton	8192	1,46

Controle bodemligging:

De golflengte is groter dan de afstand tussen het uitvoerpunt en de dijken, maar blijft binnen de marge.

---

Bijlage 3.3: Berekening Golfloop

## Spreadsheet Invloed op golfoploop

versie 2 30-8-06; methode voor berekening berm boven water verbeterd

Te kopiëren t/m regel 54	Dijkvak	dwarsprofiel	H <sub>s</sub> <sub>ontwerp</sub> peil	T <sub>p</sub> <sub>ontwerp</sub> peil	ontwerppeil	bermhoogte	bermbreedte	talud onder berm	talud boven berm	verhouding [-]	<1 betekent minder golfoploop
			[m]	[s]	[m tov NAP]	[m tov NAP]	[m]	1:	1:		
Profiel oud	Nieuw Noord Bevelandpolder	3	1,35	7,2	5,75	5,85	21,86	2	2,84	1,00	
Profiel nieuw			1,35	7,2	5,75	5,85	21,86	2	2,84		
Profiel oud	Nieuw Noord Bevelandpolder	5	1,76	7,44	5,75	4,74	50	1,39	3	0,88	
Profiel nieuw			1,76	7,44	5,75	4,74	50	2,5	3		
Profiel oud	Nieuw Noord Bevelandpolder	6a	1,76	7,44	5,75	6,84	50	3	3	1,00	
Profiel nieuw			1,76	7,44	5,75	6,84	50	3	3		
Profiel oud	Nieuw Noord Bevelandpolder	6b	1,72	7,29	5,75	5,81	9,35	4	3,2	1,00	
Profiel nieuw			1,72	7,29	5,75	5,81	9,35	4	3,2		
Profiel oud	Nieuw Noord Bevelandpolder	6c	1,72	7,29	5,75	5,75	11,82	4	3,51	1,00	
Profiel nieuw			1,72	7,29	5,75	5,75	11,82	4	3,51		